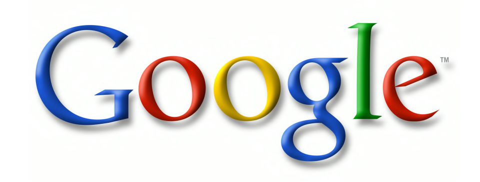
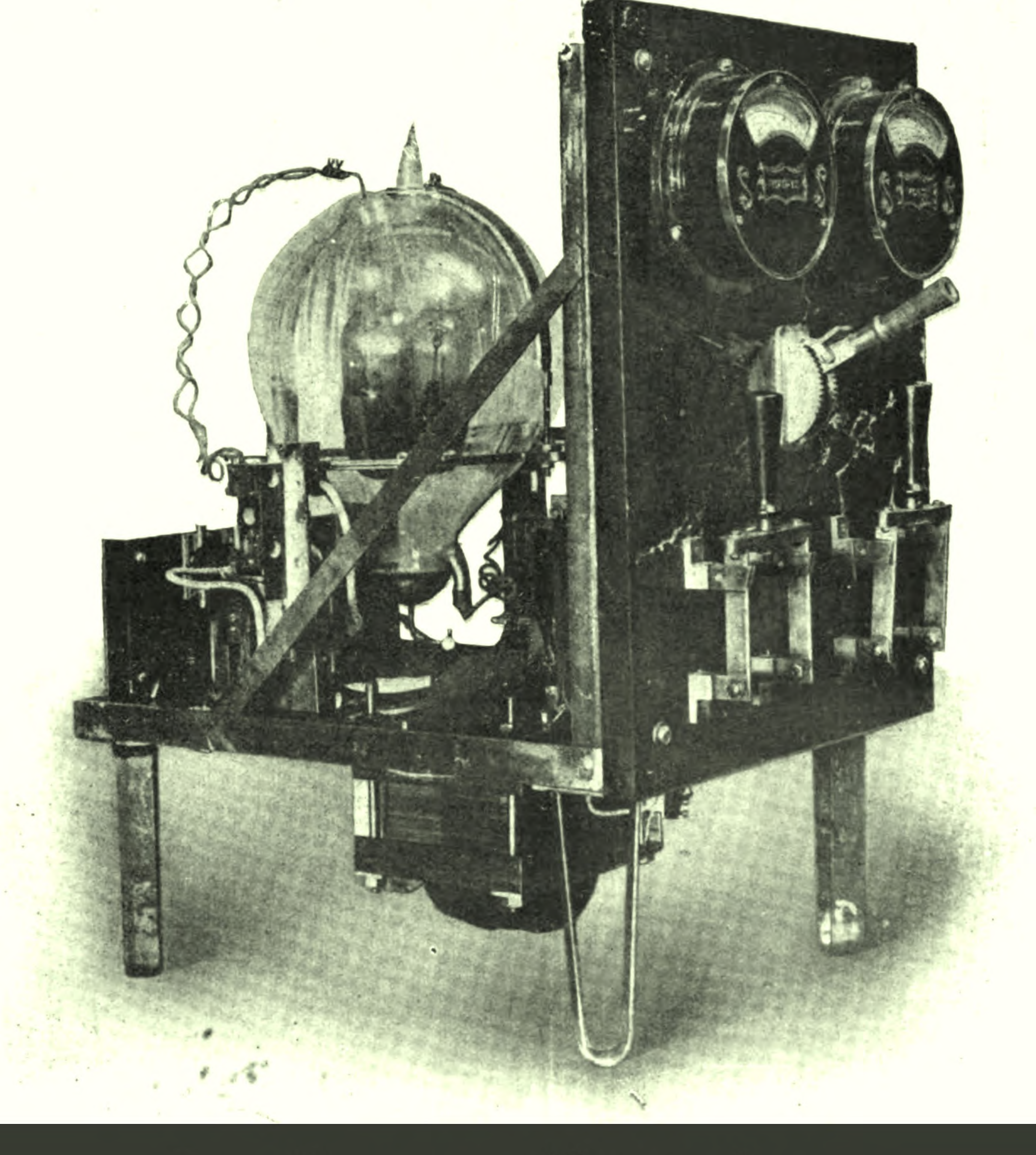
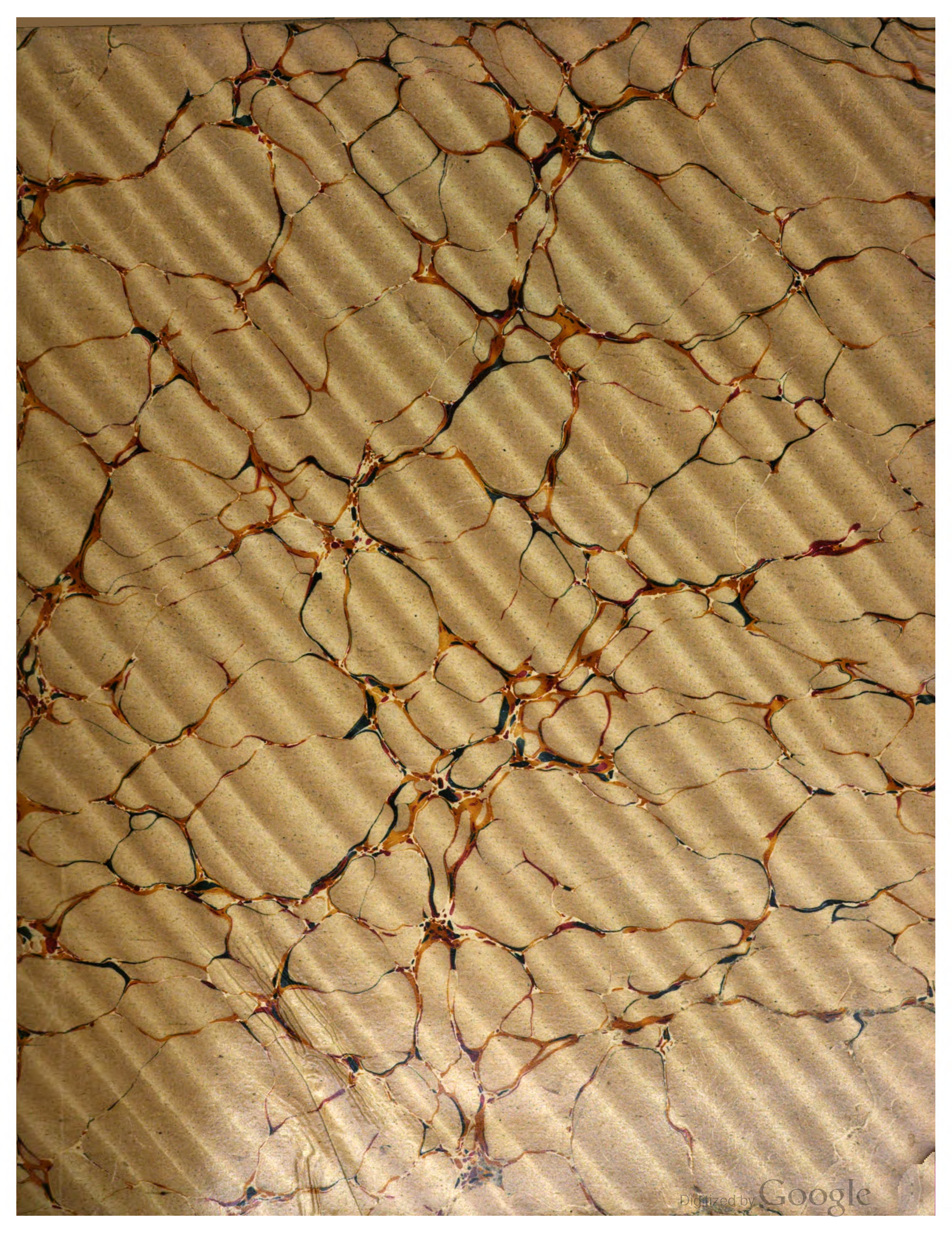




La Revue électrique

Union des syndicats de l'électricté


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE



LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

37088 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME IV

Juillet-Décembre 1905.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1905

Tome IV. **N° 37. — 15 juillet 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE PAR COURANT MONOPHASÉ.

I. — Nécessité de l'emploi de hauts voltages dans les futures applications de la traction électrique. — Impossibilité de les obtenir avec les courants continus.

Tant que l'on n'a appliqué la traction électrique qu'aux lignes de tramways urbaines, qui s'éloignaient bien rarement de plus de 5^{km} de leurs stations centrales, on a pu se contenter d'un voltage de 600 volts.

On a fait des moteurs à courant continu à ce voltage, de 25 à 200 chevaux, excellents à tous les points de vue.

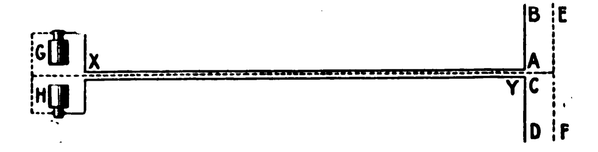
Les tramways électriques, à trôlet ou à caniveau, et à courant continu, donnent une excellente solution du problème des transports en commun dans les villes. Les installations de ce genre fonctionnent économiquement et en toute sécurité.

Mais, lorsqu'il a fallu, soit prolonger les lignes de tramways dans les banlieues des villes, soit réunir entre eux des centres distants de plus de 10^{km}, soit, enfin, aborder la grande traction sur les réseaux métropolitains ou sur des lignes de chemin de fer ordinaires, ce voltage de 600 volts s'est trouvé insuffisant.

SYSTÈME DE DISTRIBUTION A TROIS FILS. — On a d'abord appliqué aux lignes à trôlet le système de distribution à trois fils, avec lequel on double le voltage servant à transmettre l'énergie, sans augmenter celui des moteurs, ceux-ci étant normalement accouplés par deux en séries.

Ce système est schématiquement représenté sur la figure 1. La station génératrice est reliée, par un


Fig. 1.



feeder à trois fils XY, au milieu d'une ligne composée de deux tronçons AB et CD, isolés l'un de l'autre. Deux des fils du feeder aboutissent aux tronçons AB et CD, qu'il portent : l'un au potentiel + 600 volts et l'autre au potentiel — 600 volts. Les rails EF demeurent au potentiel 0 et sont reliés à la station génératrice par le troisième fil du feeder, comme il est représenté sur la figure 1.

La station génératrice comporte deux groupes

de générateurs G et H, associés en série, développant 600 volts chacun. L'un de ces groupes est branché entre les rails et le tronçon AB, et l'autre entre les rails et le tronçon CD.

S'il y a, à chaque instant, autant de voitures le long du tronçon AB que le long du tronçon CD, condition que l'exploitation doit s'attacher à remplir : tout le courant parti de l'usine centrale n'y revient qu'après avoir subi une chute de voltage de 1200 volts dans les moteurs.

Si les nombres des voitures, le long des deux tronçons, ne sont pas les mêmes : un courant proportionnel à leur différence revient à l'usine, par l'intermédiaire des rails et du troisième fil du feeder, en n'ayant subi qu'une chute de voltage de 600 volts. Ce courant est utilisé avec un moins bon rendement que celui qui subit une chute de voltage de 1200 volts; mais si l'exploitation est bien réglée, l'intensité du courant à 600 volts débité par la station centrale sera toujours très faible par rapport à celle du courant à 1200 volts.

Ce système est appliqué aux tramways de Chapareillan dans l'Isère.

Sur la ligne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure [1], qui est longue de 31^{km}, on s'est servi de courant continu au voltage de 2400 volts et les moteurs n'ont encore que 600 volts à supporter. Les locomotives employées ont chacune quatre moteurs invariablement reliés en série, dont on ne peut régler la vitesse qu'en introduisant des résistances dans leur circuit. C'est déjà une sujétion grave. Enfin, on n'a pas voulu dépasser un voltage de 1200 volts, entre chaque moteur et la masse. Cela a conduit à employer deux conducteurs, l'un d'aller qui doit être maintenu au potentiel $+1200$, l'autre de retour qui doit être au potentiel -1200; un point du conducteur qui relie les deuxième et troisième moteurs des locomotives est mis en communication avec les rails.

En définitive, on n'a pas osé, jusqu'à présent, faire de moteur de traction à courant continu, pour un voltage supérieur à 600 volts, parce qu'il est impossible de les surveiller pendant la marche, et ils ont à supporter les plus violents à-coups. Des artifices ont permis d'employer des courants de 1200 et même 2400 volts, sans augmenter le voltage supporté par les moteurs, mais ils entraînent des complications et réduisent considérablement le bénéfice que l'on pouvait attendre de l'élévation du voltage.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. I, p. 129, 15 mars 1904.

EMPLOI DES STATIONS DE TRANSFORMATION. — Une autre solution a reçu de très nombreuses applications, au cours de ces dernières années. On disposait, à côté des lignes de trôlet au voltage de 600 volts, des lignes de transport à haute tension, généralement à courants alternatifs triphasés et à haut voltage. Ceux-ci, engendrés par la station centrale, étaient transformés en courant continu à 600 volts, au moyen de commutatrices, dans les usines de transformation disposées le long des voies, généralement à 10^{km} les unes des autres.

Cette solution a été appliquée en France par le chemin de fer de l'Ouest entre Paris et Versailles, par celui d'Orléans entre Paris et Juvisy [1], par le chemin de fer Métropolitain, par les tramways de pénétration à Paris, par ceux du littoral de la Méditerranée... Elle est tellement connue que nous ne faisons que la rappeler.

Elle présente deux défauts, l'un d'ordre économique, l'autre d'ordre technique :

1° Les stations de transformation, échelonnées sur la ligne, sont chères de premier établissement. Leur entretien et la surveillance de leur fonctionnement occasionnent des frais considérables. Pour que leur emploi soit admissible, il faut que chacune d'elles constitue, à elle seule, une usine importante et travaillant presque complètement à pleine charge. Au point de vue économique, cette solution n'est donc applicable que si l'on a à assurer un trafic intense et continu.

2° Le voltage du courant fourni aux voitures n'étant toujours que de 600 volts, il faut leur faire absorber beaucoup d'ampères, si l'on veut disposer d'une grande puissance pour remorquer un train.

Une locomotive de 1200 kilowatts absorberait 2000 ampères. Il n'est pas facile d'établir un contact glissant pour recueillir un pareil courant. Cela exige, en tout cas, l'emploi d'un conducteur de grande section et très solide, que l'on ne peut

(1) Voir *La Revue électrique*, t. II, p. 321, 15 décembre 1904; t. III, p. 5, 161, 355, 15 janvier, 30 mars et 30 juin 1905.



constituer qu'avec un troisième rail situé près du sol.

Or, la présence de ce troisième rail est gênante et dangereuse. On se souvient de ce malheureux chauffeur de la Cie de l'Ouest qui établit accidentellement un court-circuit avec sa pelle, entre le marche-pied de sa locomotive et le troisième rail, mit ainsi le feu à ses habits imprégnés d'huile et fut brûlé vif.

Si, au lieu d'un courant de 600 volts, nous pouvions employer un courant de 10000 volts, nous n'aurions plus besoin que de 120 ampères, au lieu de 2000, et nous pourrions les prendre, sur un simple fil tendu au-dessus de la voie, au moyen d'un archet.

Il convient donc d'employer des courants de très haut voltage, non seulement pour porter au loin l'énergie nécessaire, mais aussi pour la transmettre aux locomotives ou voitures, par l'intermédiaire de simples fils tendus au-dessus des voies, à une grande hauteur au-dessus du sol.

II. — Les hauts voltages nécessaires exigent l'emploi de courants alternatifs. On doit se servir de préférence de courants alternatifs monophasés, que l'on transformera, sur les voitures, en courants de faible voltage.

Les constructeurs ne voulant pas faire de moteur à courant continu à plus de 600 volts, pour la traction : il est impossible de se servir de courant continu à haut voltage. Cela nous force à transmettre des courants alternatifs aux voitures en marche.

Si l'on ne peut les utiliser directement, on les transformera, sur les voitures, au moyen de transformateurs statiques, avant de les envoyer dans les moteurs.

Convient-il d'employer des courants polyphasés ou des courants monophasés?

On possède des moteurs à courants polyphasés dénués de collecteurs et capables de démarrer sous charge. Mais la nécessité de fournir à une même voiture plusieurs courants distincts complique singulièrement les lignes; car il faut disposer, dans le voisinage les uns des autres, des conducteurs portés simultanément à des potentiels très différents. Les moteurs doivent avoir un très petit entrefer, ce qui est un grand défaut pour des moteurs de traction. Enfin, ils ne peuvent avoir un bon rendement qu'à la condition de tourner à une vitesse bien déterminée, à moins que l'on ait recours à certaines dispositions, dont nous allons parler, qui sont coûteuses et encombrantes.

La possibilité d'utiliser immédiatement des courants de haut voltage, sur les voitures, fit passer sur ces inconvénients, dans quelques cas. Deux installations, notamment, ont été faites qu'il convient de signaler.

Application de courants triphasés sur la ligne de la Valteline. — La ligne de la Valteline, en Italie, a été équipée par la Maison Ganz qui s'est servi de courants triphasés. Des courants, à 20000 volts et à la fréquence 15, sont envoyés le long de trois fils situés dans un même plan vertical, à 60^cm les uns au-dessous des autres. Ils sont ramenés au voltage de 3000 volts par des transformateurs statiques, situés de distance en distance près de la voie. Deux des courants à ce voltage sont transmis aux voitures par deux fils de contact de 8^mm de diamètre, distants de 900^mm, situés à 6^m au-dessus des voies, hors des tunnels et à 4^m,80 dans les tunnels, le troisième est transmis par les rails.

Pour faciliter les variations de vitesse du train, on a eu recours au dispositif suivant :

Les voitures ont deux bogies et chaque bogie porte un moteur de 150 chevaux à 3000 volts et un moteur de 75 chevaux à bas voltage.

Ces deux moteurs sont reliés en cascade, c'est-à-dire que les circuits induits du premier sont fermés sur les circuits inducteurs du second. Supposons qu'ils n'aient que deux pôles et soit α la fréquence des courants fournis par le réseau.

Lorsque le premier moteur a ses circuits induits fermés sur eux-mêmes, il prend une vitesse très peu différente de α. C'est la vitesse normale.

Lorsque les deux moteurs sont associés en cascade et que celui de 75 chevaux a ses circuits induits fermés sur eux-mêmes, ils prennent une vitesse très voisine de $\frac{\alpha}{2}$. En effet : le moteur de 75 chevaux reçoit alors des courants de fréquence égale à $(\alpha - \omega)$. Ses circuits inducteurs étant fermés sur eux-mêmes, sa vitesse de régime ne peut différer sensiblement de $(\alpha - \omega)$. On a donc approximativement $\omega = \alpha - \omega$ ou $\omega = \frac{\alpha}{2}$.

On peut ainsi marcher à la vitesse normale ou à demi-vitesse, sans avoir à fermer sur des rhéo-

stats les circuits induits des moteurs, ce qui permet d'avoir un bon rendement dans les deux cas.

On démarre avec les deux moteurs associés en cascade et en fermant sur des rhéostats les circuits induits du moteur de 75 chevaux; on diminue ensuite graduellement leurs résistances de manière qu'elles soient nulles, lorsque la demi-vitesse est atteinte. Si l'on veut aller plus vite, on supprime le moteur de 75 chevaux et l'on ferme à leur tour les circuits induits du moteur de 150 chevaux sur des rhéostats dont on diminue aussi graduellement la résistance jusqu'à ce que la vitesse normale soit atteinte.

Le rendement du moteur de 150 chevaux en pleine charge et en pleine vitesse est de 89,5 pour 100, et son facteur de puissance, 92 pour 100.

Lorsque les deux moteurs sont accouplés en cascade et tournent à demi-vitesse, le rendement du système est de 80 pour 100 et son facteur de puissance de 77 pour 100.

Le rendement de 80 pour 100 à demi-vitesse est très acceptable. On déduit d'ailleurs des nombres précédents que la somme des couples développés par les deux moteurs à demi-vitesse est égale à une fois et demie le couple développé par le grand moteur seul tournant à sa vitesse normale. Elle est aussi égale au couple que développerait un moteur de 225 chevaux à demi-vitesse, ses circuits induits étant fermés sur des rhéostats. Mais ce moteur n'aurait qu'un rendement de 40 pour 100 au lieu d'un rendement de 80 pour 100.

Il y a donc un avantage incontestable, au point de vue du rendement, à décomposer ce moteur de 225 chevaux en un moteur de 150 chevaux et en un autre de 75 chevaux. Mais on est obligé d'employer pour cela deux essieux dont l'un reçoit un moteur deux fois moins puissant que l'autre.

Ce système réduit dans le rapport de 1,5 à 2 la puissance que l'on peut rendre disponible sur un truck déterminé. Aussi la maison Ganz ne l'a-t-elle adopté que pour les voitures automobiles de la Valteline. Les locomotives du même réseau ont des moteurs tous de même puissance, toujours groupés en parallèle et non en cascade. Ces locomotives ne peuvent avoir un bon rendement qu'à une seule vitesse, ce qui est insuffisant, surtout sur un réseau accidenté.

Le système d'accouplement en cascade n'est susceptible de donner de bons résultats que si le moteur secondaire a un facteur de puissance extrêmement élevé. Sans cela, en effet, l'on fermerait les circuits induits du moteur principal sur des circuits ayant une self-inductance comparable à leur résistance et l'on sait que, dans ces conditions, le couple du moteur décroît très vite.

Or, pour avoir des facteurs de puissance très élevés, il faut donner de très petits entrefers aux moteurs, ce qui est peu compatible avec le service extrêmement dur qu'ils doivent remplir. On peut, il est vrai, s'affranchir en partie de cette obligation, en ne donnant qu'un petit nombre de pôles au moteur, pour que ceux-ci aient un grand développement. Cela conduit à employer des courants de basse fréquence,

La fréquence des courants de la Valteline est seulement égale à 15.

Expériences de 1902 et 1903 a Berlin. Leur intérêt. — En 1902 et en 1903, l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft et la maison Siemens ont fait, sur une ligne située aux environs de Berlin, des essais de traction électrique à très grande vitesse.

On a obtenu la vitesse de 211^{km} à l'heure, mais, paraît-il, en dépensant 4000 chevaux pour une seule voiture de 50 places.

Les essieux étaient directement entraînés par des moteurs d'induction à courants triphasés, dont les circuits induits étaient fermés sur des résistances variables.

Ils étaient alimentés par des courants au voltage de 3000 volts, fournis par les circuits secondaires de transformateurs portés par la voiture dont les circuits primaires recevaient des courants à 10000 volts, transmis par trois lignes de contact.

Ces moteurs furent ensuite remplacés par d'autres moteurs qui utilisaient directement les courants à 10000 volts.

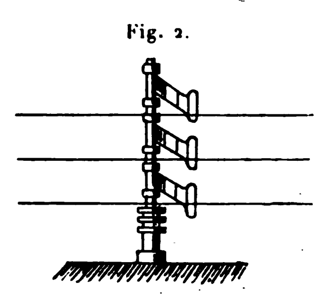
La fréquence des courants employés était 50, mais il n'en faut tirer aucune conclusion, car il s'agissait d'essais et l'on n'avait pas construit d'usine spéciale pour produire ces courants. Ils venaient de la station centrale d'Ober Spree où des alternateurs, anciennement installés, fournissent des courants de cette fréquence.

Le grand intérêt de ces expériences a consisté

dans l'étude des procédés permettant d'embarquer à des vitesses fantastiques une quantité de travail énorme, soit 4000 chevaux à la vitesse de 211^{km} à l'heure. On y est parvenu avec des dispositions d'une extrême simplicité (¹).

Les courants étaient transmis le long de la voie, par trois fils suspendus les uns au-dessus des autres, comme le montre la figure 2, et sur lesquels s'appuyaient des archets latéraux articulés autour d'un axe vertical porté par la voiture.

Fig. 2.



Le fonctionnement de cette installation a été parfait. Il est évident que, s'il n'y avait qu'un fil et qu'un seul archet, le retour du courant se faisant par les rails, le système ne ferait que gagner en simplicité et en sécurité de fonctionnement.

On doit donc considérer comme complètement résolu, à la suite des expériences de Berlin, tout problème relatif à la transmission de l'énergie à des voitures en marche au moyen de courants électriques de haut voltage.

L'emploi des courants polyphasés donne une première solution du problème qui nous occupe, mais elle présente deux défauts :

1° Les lignes sont compliquées : on est obligé de mettre les uns à côté des autres des fils portés à des voltages très différents ;

2° Les moteurs à courants triphasés ne conviennent bien que sur les lignes où les trains peuvent aller à vitesse constante.

Il faudrait qu'un train montât la rampe la plus raide et descendît la plus rapide avec la même vitesse ; cela ne serait admissible que sur une ligne à très grand trafic, où il y aurait à chaque instant autant de trains montants que de trains descendants.

Emploi du courant alternatif monophasé. — Le mode de traction électrique idéal consisterait dans l'emploi d'un courant alternatif monophasé de très haut voltage, que l'on transformerait sur les voitures, soit en courant continu, que l'on utiliserait ensuite dans des moteurs ordinaires, soit en courant alternatif de bas voltage que l'on enverrait dans des moteurs appropriés, capables de conserver un bon rendement lorsque leur vitesse varierait dans de larges limites, et dont le couple moteur ne dépendrait que de l'intensité des courants dans leur inducteur et dans leur induit, et non de la fréquence ou de la phase de ces courants.

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. II, p. 54.

III. — Transformation d'un courant alternatif monophasé en courant continu.

Il serait peu pratique d'installer sur une voiture un transformateur moteur composé d'un moteur synchrone et d'une génératrice à courant continu, ou un transformateur statique et une commutatrice. Non seulement ces appareils seraient lourds, encombrants et retiendraient l'attention du mécanicien, au lieu de la laisser se concentrer sur la surveillance de la voie, mais on aurait toujours à redouter des ruptures de synchronisme en cours de route, ce qui présenterait les plus graves inconvénients.

C'est pourquoi MM. Auvert et Ferrand, qui ont étudié d'une façon toute particulière la traction par courant alternatif monophasé, en le transformant sur les voitures en courant continu, ont cherché à réaliser un redresseur beaucoup moins lourd et moins encombrant qu'une commutatrice, et susceptible d'être plus facilement synchronisé.

Il se compose en principe d'un commutateur AA (voir *fig.* 3) assujetti à tourner autour de son axe O, synchroniquement avec le courant à redresser.

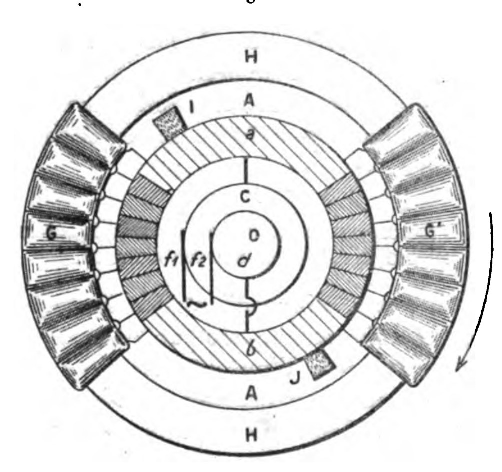
Ce commutateur comporte deux larges touches diamétralement opposées, *a* et *b*, qui communiquent individuellement avec deux bagues *c* et *d*, sur lesquelles s'appuient des frotteurs f_1 et f_2 en relation avec les extrémités du circuit secondaire d'un transformateur ordinaire.

Entre les touches *a* et *b* sont disposées en grand nombre des touches de collecteur, reliées suivant la méthode habituelle à des bobines du genre Gramme GG', enroulées autour d'un anneau de fer HH concentrique au commutateur, mais les bobines G' situées d'un même côté de l'appareil sont enroulées à droite et les autres G le sont à gauche.

1..

Il en résulte que, si une différence de potentiels est développée entre les touches a et b, les forces magnétisantes développées par ces bobines

Fig. 3.



sont de même sens et un flux se développe dans l'anneau HH, en se fermant complètement sur lui-même le long de lui.

Lorsque les frotteurs f_1 et f_2 seront reliés au circuit secondaire du transformateur, l'anneau HH sera le siège d'un flux alternatif et le voltage variera graduellement quand on passera d'une des petites touches qui séparent les touches a et b, à la suivante.

On dispose, à la surface du commutateur, deux lignes diamétralement opposées de balais en charbon I et J, dont on peut faire varier le calage à volonté.

Si le commutateur tourne synchroniquement et si l'on désigne par e la force électromotrice développée, à l'époque t, entre les balais I et J, la force électromotrice moyenne $E = \frac{1}{t}\int_0^t e\,dt$ peut avoir toutes les valeurs possibles comprises entre deux limites $+E_m$ et $-E_m$, suivant le calage de ces balais.

Si on la fait agir sur des circuits ayant beaucoup de self-induction tels que ceux des moteurs série à courant continu, cette force électromotrice détermine le passage d'un courant très sensiblement continu. Le voltage aux bornes des induits, relevé à l'ondographe, est très sensiblement constant, mais on le fait varier à volonté entre les limites voisines de $+E_m$ et $-E_m$, en agissant sur le calage des balais I et J.

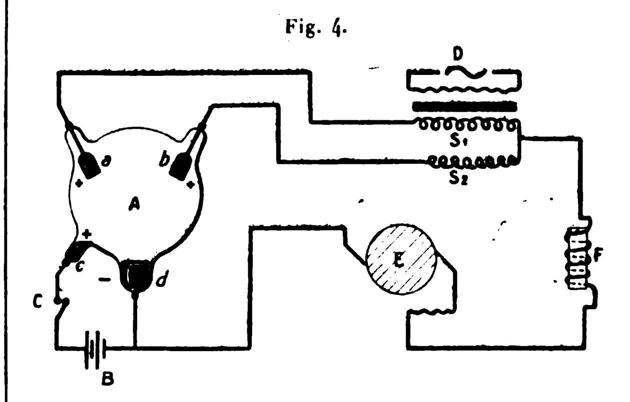
MM. Auvert et Pacaud ont fait fonctionner récemment à l'usine de la Compagnie du chemin de fer Métropolitain de Paris, un commutateur de ce système d'une puissance de 400 kilowatts.

Le voltage moyen maximum E_m, développé entre les balais I et J, était de 125 volts et le nombre des petites touches séparant les touches a et b du commutateur était de 160, soit 80 de chaque côté de l'appareil. La qualité des balais en charbon donnait des contacts très résistants. Dans ces conditions, la commutation s'opérait d'une manière très satisfaisante.

M. Cooper Hewitt a imaginé un autre redresseur de courants alternatifs extrêmement curieux où l'on utilise une soupape électrique, c'est-à-dire un appareil qui ne peut se laisser traverser que par des courants ayant un sens déterminé. Il a découvert que la résistance offerte au passage d'un courant par un tube à vide était très faible lorsque, par un procédé quelconque, on était parvenu à ioniser les dernières traces de gaz contenues dans ce tube. Mais le courant avait encore à surmonter une énorme résistance à la surface de la cathode. Il a donné le nom de *répugnance* à cette propriété de la cathode [1].

Il a découvert aussi qu'une cathode perdait sa répugnance dès que sa surface était désagrégée par un procédé quelconque, en particulier par le passage d'un courant. Il est facile de désagréger

Fig. 4.



cette surface, si la cathode est d'un métal facilement volatil, comme le mercure, et il suffit pour cela d'y faire passer un courant d'intensité modérée, soit de 3 ampères, pour la maintenir à l'état de désagrégation. Mais cet état cesse in-

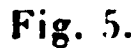
[1] *Voir* dans *La Revue électrique*, t. III, p. 271, 15 mai 1905, la conférence de l'auteur sur *La lampe et la soupape à mercure* de Cooper-Hewitt.

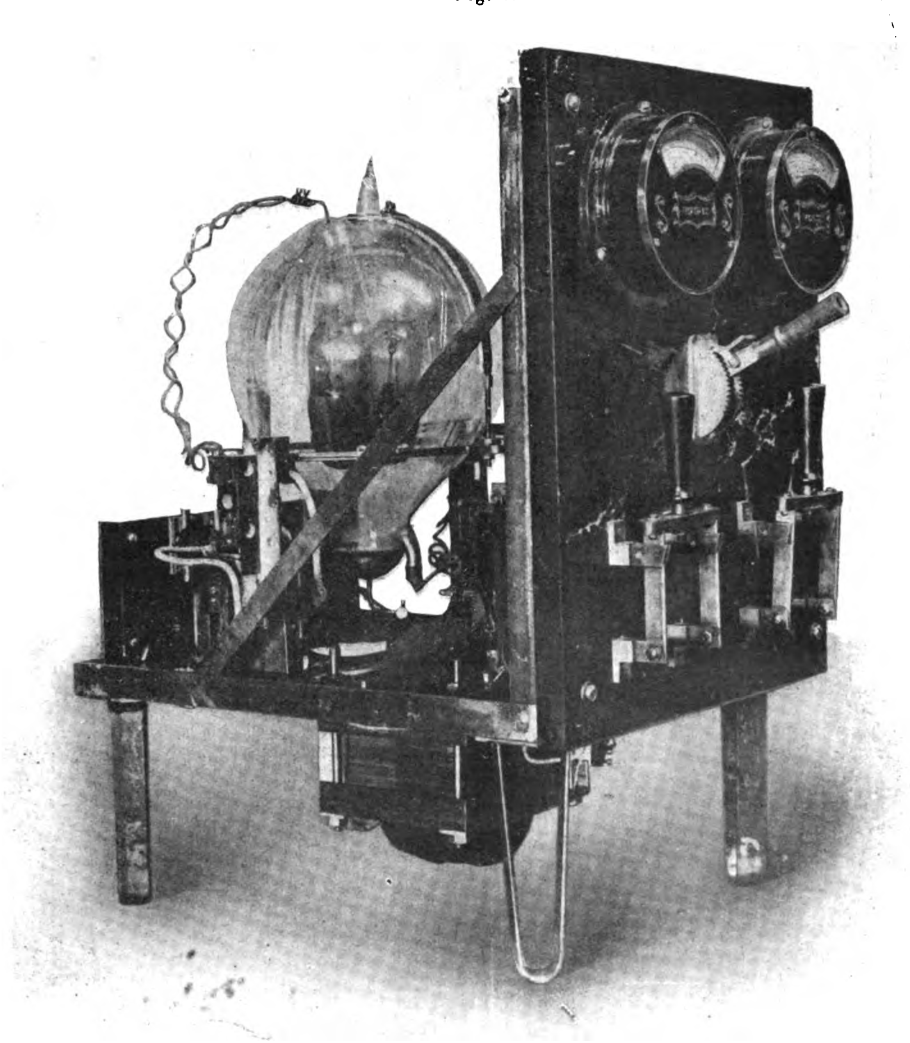


stantanément et la cathode recouvre aussitôt toute sa répugnance dès que l'intensité du courant passe par zéro.

M. Cooper Hewitt a pu, dès lors, constituer la soupape électrique représentée sur la figure 4. Elle se compose d'une ampoule A soigneusement vidée de tout gaz, qui est munie de trois anodes *a*, *b*, *c* et d'une cathode *d*. Les anodes *a* et *b* sont en fer, l'anode *c* est en mercure, mais pourrait aussi être en fer. La cathode *d* doit toujours être en mercure.

Entre l'anode *c* et la cathode *d*, on dispose un circuit renfermant une batterie d'accumulateurs B qui doit fournir un voltage supérieur à 14 volts, 20 volts par exemple, et un interrupteur C. On ferme cet interrupteur et l'on incline l'ampoule,


Fig. 5.



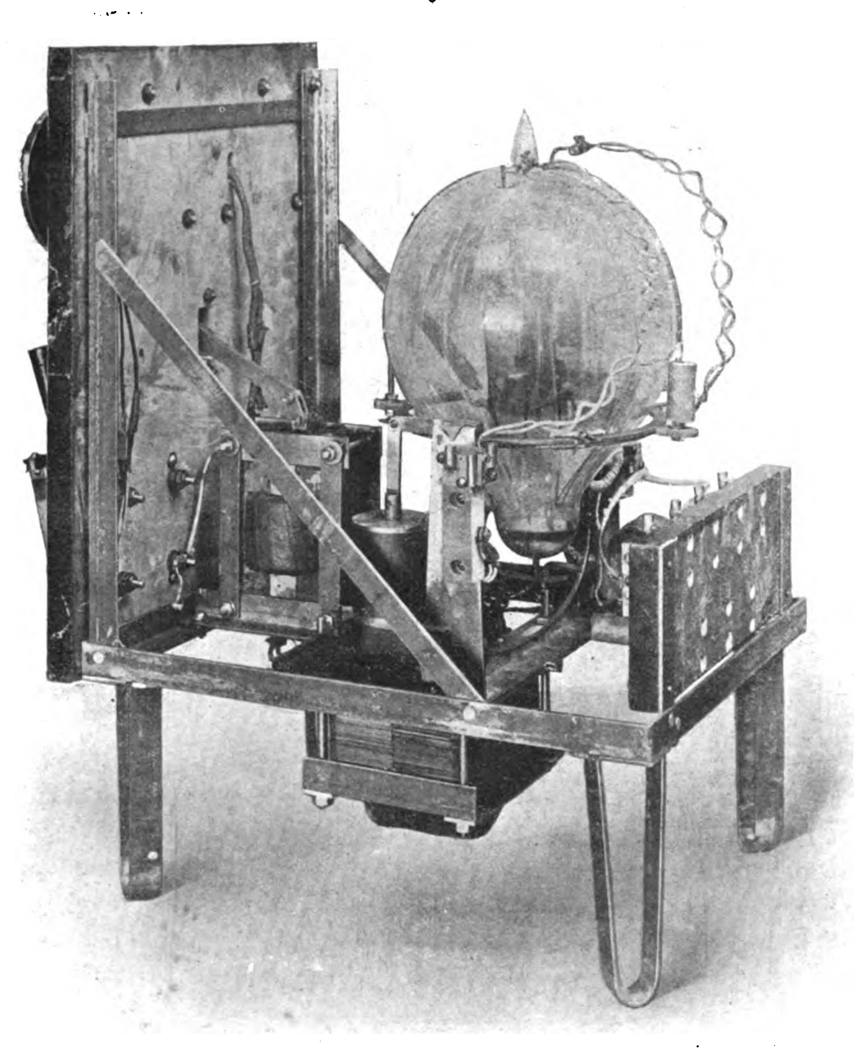
de manière à établir un court-circuit entre le mercure des électrodes *c* et *d*. Un courant passe. On le rompt aussitôt en redressant l'ampoule et un arc jaillit dans son intérieur.

Le passage de cet arc a pour effet de rendre conducteur le milieu raréfié que contient l'ampoule et de surmonter la répugnance de la cathode *d*, en désagrégeant sa surface.

Tant qu'un courant passera de l'anode *c* à la cathode *d*, c'est-à-dire tant que l'interrupteur C

sera fermé, un courant pourra passer de l'une ou l'autre des anodes *a* et *b* à la cathode *d*, en ne subissant qu'une faible chute de voltage, généralement de 14 volts. Il faudrait au contraire un voltage extrêmement élevé pour faire passer un courant en sens inverse, parce qu'alors les anodes *a*

Fig. 6.



et *b* devraient jouer le rôle de cathode et leurs surfaces n'auraient pas été désagrégées au préalable.

Proposons-nous maintenant de transformer en courant continu un courant alternatif monophasé fourni par une source D. Nous la ferons agir sur le circuit primaire P d'un tranformateur ayant deux circuits secondaires S_1 et S_2 semblables, mais enroulés l'un à droite et l'autre à gauche.

Les points de sortie de ces deux circuits seront individuellement reliés aux anodes *a* et *b*. Leurs deux points d'entrée seront reliés entre eux et serviront de point d'arrivée à un circuit qui partira de la cathode, comprendra par exemple un moteur à courant continu E et une bobine de self-induction F.

A chacune des ondes traversant le circuit primaire P correspondra une onde développée dans

l'un ou l'autre des circuits secondaires S_1 et S_2, qui traversera l'ampoule A en allant toujours d'une des anodes vers la cathode. Ces deux ondes se superposeront dans le circuit contenant le moteur et celui-ci sera le siège d'un courant toujours de même sens. Si la self-induction du circuit est suffisante, ce courant deviendra très sensiblement continu et ne s'annulera jamais à travers la cathode *d*. Sa surface sera donc toujours désagrégée et l'on pourra ouvrir l'interrupteur C sans inconvénient.

Jusqu'à présent, M. Cooper Hewitt n'a fait de semblables soupapes que pour 30 ampères, fournis sous le voltage de 550 volts.

Les figures 5 et 6 représentent une semblable soupape munie de tous ses accessoires.

Ce mode de redressement des courants alternatifs est des plus simples et il est possible que lorsqu'on sera parvenu à faire des soupapes de grande puissance, il puisse être appliqué à la traction par courant alternatif monophasé.

Une pareille soupape est capable de redresser des courants de toute fréquence et en particulier les plus hautes telles que celles des courants de Hertz. Avec de semblables courants l'on pourrait transmettre l'énergie aux véhicules par induction et à distance au lieu de le faire par contact direct. Rien ne serait plus précieux pour la traction des tramways et particulièrement pour celle des automobiles. Mais ce n'est malheureusement encore que la solution de l'avenir.

IV. — Étude spéciale des moteurs à courant alternatif monophasé à collecteur.

Nous savons aujourd'hui qu'un moteur à courant alternatif monophasé bon pour la traction ne peut être qu'un moteur muni d'un collecteur et semblable, comme dispositions, à un moteur à courant continu.

L'intérêt de cette solution paraît avoir été signalé pour la première fois par le professeur Forbes, lorsqu'il fut chargé de l'installation du Niagara.

Il s'agissait de fixer la fréquence des courants de cette station. M. Forbes voulait une basse fréquence pour se mettre à l'abri des surtensions dues à la capacité des lignes électriques; mais il ajoutait :

« Le meilleur système de traction électrique serait évidemment celui qui utiliserait les courants monophasés.

» On cherche aujourd'hui même un bon moteur pour ces courants : si l'on n'en trouve pas d'autre, on aura toujours la ressource, avec des courants de basse fréquence, de se servir des moteurs actuels à courant continu, dans lesquels le changement de sens du courant n'entraîne pas le changement de sens du couple moteur. »

M. Forbes signalait que les moteurs à courant continu usuels, à inducteurs feuilletés, alimentés avec des courants alternatifs de fréquence 8 ou 10, fonctionnaient parfaitement.

On devait donc arriver, en étudiant leur dimensionnement, à les faire bien fonctionner avec des courants de fréquence supérieure. L'expérience a justifié cette prévision et nous disposons aujourd'hui de moteurs capables d'utiliser les courants de fréquence usuelle.

On n'y est pas arrivé du premier coup : un très grand nombre d'inventeurs y ont travaillé en Europe et en Amérique, mais c'est à M. Lamme, Ingénieur en chef de la Westinghouse Electric and Manufacturing Company à Pittsburg, que paraît revenir le mérite d'avoir réalisé, le premier, des moteurs de traction véritablement industriels, tels que ceux que construit actuellement, dans son usine du Havre, la Société anonyme Westinghouse.

Dans un moteur dont le couple ne doit dépendre que de l'intensité des courants traversant simultanément les circuits de son stator, et de son rotor, et non de sa vitesse, les pôles développés le long de l'entrefer par le stator et le rotor, doivent avoir des positions relatives indépendantes de la vitesse du rotor et être produits par des courants de même fréquence, de même phase ou décalés de 180°.

Cela n'est possible que si les courants n'entrent dans les circuits du rotor et n'en sortent que par des points fixes dans l'espace.

Il faut donc faire ces rotors comme ceux des machines à courant continu et les munir de collecteurs, sur lesquels s'appuient des balais fixes.

On peut monter en série, par l'intermédiaire des balais, les circuits du stator et du rotor. C'est le moyen le plus certain de les assujettir à être constamment parcourus par des courants de même fréquence et de même phase.

Nous avons ainsi un premier type de moteur que l'on appelle *moteur série*.

1...



On peut aussi fermer sur eux-mêmes les balais du rotor. Ses circuits étant soumis à l'induction de ceux du stator, seront parcourus par des courants qui se fermeront à travers le court-circuit reliant les balais et auront le long de ce court-circuit la même fréquence que les courants du stator.

Le courant développé dans le court-circuit sera décalé de 180° environ par rapport au courant du stator. Dans ces conditions, le couple développé sera très sensiblement le même que si tous les courants étaient de même phase.

On a ainsi un second type de moteur, dont les propriétés sont toutes différentes de celles du premier, comme nous le verrons et auquel on a donné le nom de *moteur à répulsion*.

Moteur série. — 1° Du moment que l'on renverse, en même temps, le sens du courant dans l'inducteur et l'induit d'un moteur continu, on ne change pas le sens de son couple; mais le moteur devient le siège de variations de flux dues, non plus seulement à sa rotation, mais aussi au changement de sens du courant.

Elles produisent de nouvelles forces électromotrices dont la grandeur est proportionnelle à la fréquence des courants. Elles se comportent vis-à-vis des masses électriques en mouvement, comme de véritables forces d'inertie et il faut augmenter le voltage nécessaire pour faire traverser le moteur par un courant d'intensité déterminée.

Si ces forces électromotrices étaient grandes par rapport à celles provoquées par la rotation du moteur et qui seules correspondent à la production d'un travail utile, le bénéfice résultant de l'emploi de hauts voltages serait illusoire, ces hauts voltages servant beaucoup plus à surmonter des forces d'inertie qu'à effectuer un travail utile.

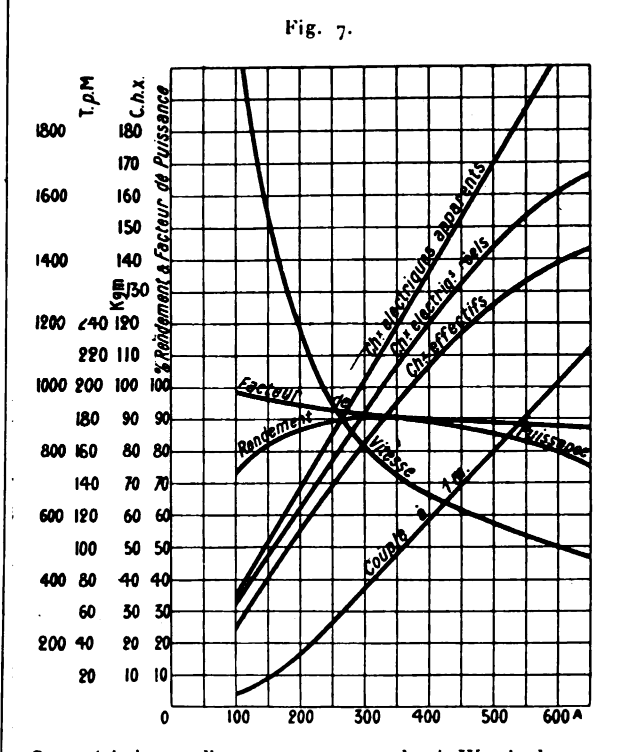
2° Les spires de l'armature d'un moteur à courant continu pendant leur mise en court-circuit, enveloppent tout le flux utile émanant de l'inducteur. Dans les machines à courant continu, ce flux est invariable, mais si nous excitons l'inducteur avec un courant alternatif, ce flux varie dans la bobine en court-circuit avec la fréquence du courant qui l'engendre; il peut donc y développer une force électromotrice considérable qui n'est pas la même pour les différentes spires de l'induit, lorsqu'elles passent successivement devant les balais.

Il en résulte que, si l'on s'était contenté d'envoyer un courant alternatif dans un moteur à courant continu, à noyaux inducteurs feuilletés : le moteur aurait eu un mauvais facteur de puissance et ses balais auraient craché. Ces défauts eussent été en s'aggravant au fur et à mesure que la fréquence du courant alternatif eût augmenté.

Il fallait donc avoir recours à des dispositions spéciales pour les corriger.

Disons de suite que M. Lamme a réussi à faire des moteurs série ayant un facteur de puissance égal à 0,90, lorsqu'ils développent leur puissance normale (*voir* les courbes de la figure 7).

Fig. 7.



Caractéristiques d'un moteur monophasé Westinghouse pour traction, de 100 chevaux, sous 250 volts, 25 périodes.

Quant à la tenue de leurs balais, elle est aussi bonne que celle des moteurs de traction à courant continu.

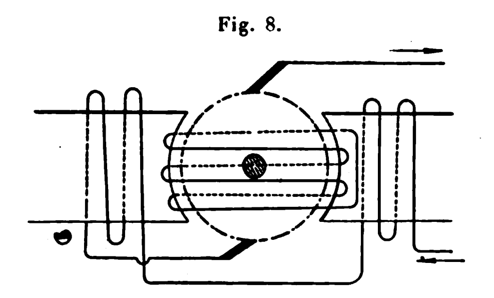
Pour réduire les effets de la self-induction des moteurs, il faut supprimer tout flux inutile et notamment celui développé par l'armature, suivant la ligne de ses balais, pour ne laisser subsister, autant que possible, que celui qui traverse les sec-

tions de l'armature au moment de leur mise en court-circuit.

Dans ce but : on dispose, autour de l'armature, un écran magnétique constitué par un circuit fermé sur lui-même, laissant passer les flux dirigés suivant les lignes de pôles et s'opposant au développement de ceux dirigés suivant les lignes de balais.

Un semblable dispositif est représenté schématiquement sur la figure 8, dans le cas d'une machine bipolaire.

Fig. 8.



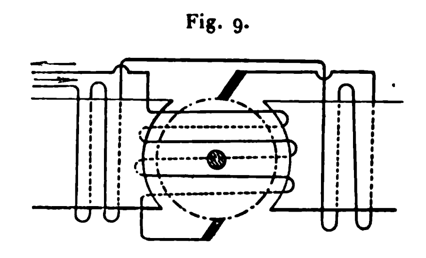
D'après M. Steinmetz, cette disposition aurait été indiquée pour la première fois par M. Eckemeyer.

On peut constituer l'écran avec des barres de cuivre logées dans les épanouissements polaires de l'inducteur, et reliées entre elles par des connexions, de manière à former une série de circuits fermés sur eux-mêmes. Ceux-ci sont coupés en plein par les flux dirigés suivant les lignes des balais, alors qu'ils ne le sont pas par les flux dirigés suivant les lignes des pôles.

La figure 8 montre aussi comment sont groupés les circuits en série du stator et du rotor.

En faisant l'écran avec des barres, on peut

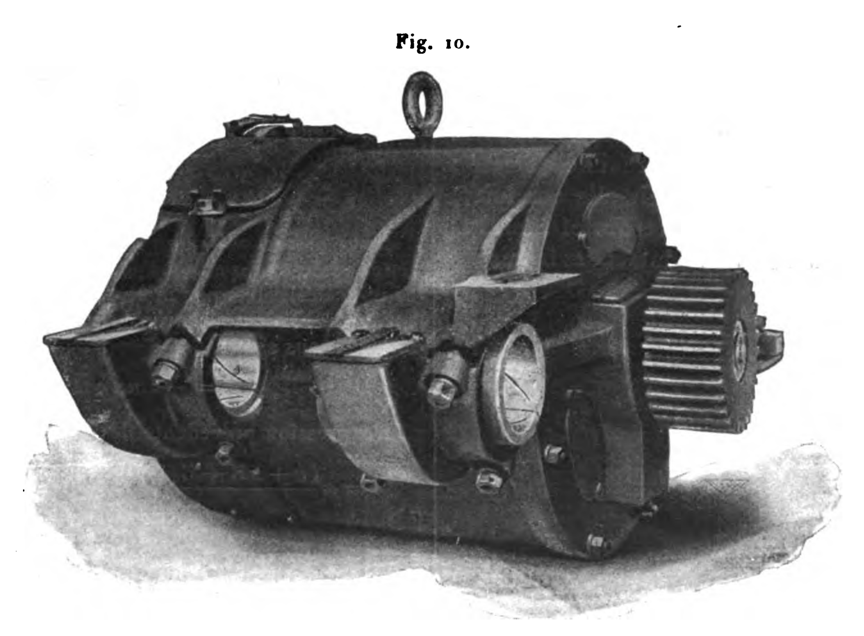
Fig. 9.



loger davantage de cuivre dans des rainures de même section, que si l'on se servait de fil, et faire une construction très solide.

Mais rien n'empêche de constituer cet écran

Fig. 10.



avec des bobines du même fil que le circuit inducteur et, au lieu de fermer ces bobines sur elles-mêmes, de les monter aussi en série dans le circuit général de la machine, comme il est représenté sur la figure 9. On déterminera le nombre de spires de ces bobines et leur sens d'enroulement de manière qu'elles développent, suivant la ligne des balais, une force magnétisante égale et de signe contraire à celle développée par le rotor. Le flux, suivant cette direction, se réduira, dans

tous les cas, aux fuites magnétiques dans l'entrefer.

C'est cette dernière disposition qui a été finalement adoptée par M. Lamme.

La figure 10 montre un moteur monophasé « Westinghouse » pour chemins de fer.

COMMUTATION DANS LES MOTEURS SÉRIE. — Les variations du flux dont les bobines mises en court-circuit par les balais sont le siège tendent à y développer des courants parasites dont le passage aurait pour effet :

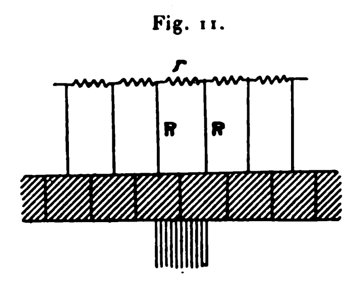
1° De diminuer l'intensité du champ utile développé dans la machine, leur force magnétisante se retranchant en grande partie de celle de l'inducteur;

2° D'amener un fort dégagement de chaleur dans les bobines en court-circuit et à la surface du collecteur;

3° De rendre la commutation difficile en augmentant démesurément la densité du courant sous les balais.

L'intensité de ces courants se trouve limitée par la résistance de contact des balais avec le collecteur. On peut toujours éviter la production d'étincelles et l'échauffement exagéré d'un collecteur, en employant des balais en charbon non graphitique et ayant une grande résistance de contact, à la condition, toutefois, de ne les faire traverser que par des courants de faible densité : cette méthode est infaillible, mais elle conduit à employer de très grands collecteurs et à multiplier beaucoup la surface de contact des balais.

Fig. 11.



C'est pourquoi M. Lamme a eu aussi recours à l'emploi de connexions résistantes, pour relier les diverses sections de l'induit au collecteur, comme il est représenté sur le schéma de la figure 11.

Désignons par r la résistance d'une bobine et par R la résistance de chacune des connexions. L'induit comportera un très grand nombre de bobines, car on ne leur donnera jamais plus d'une spire : la résistance sera très petite par rapport à celle du circuit compris entre les balais et l'on pourra rendre la résistance R grande par rapport à la résistance r, tout en la laissant petite par rapport à la résistance totale de l'induit.

L'introduction des résistances R dans les bobines mises en court-circuit permettra de réduire encore l'intensité des courants parasites.

Le calcul montre [1] que ces résistances ne rendront pas plus difficile la commutation des courants utiles.

Mais comment réaliser des connexions suffisamment résistantes entre les bobines d'un rotor

---

[1] Désignons par :

L le coefficient de self-induction d'une bobine de l'induit;

i l'intensité du courant qui entre dans l'induit ou en sort par les balais;

S la surface de contact des balais d'entrée ou de sortie;

R la résistance de leur contact avec le collecteur;

T la durée d'une mise en court-circuit;

E la force électromotrice développée dans la bobine en court-circuit, par les variations de flux dont elle est le siège, à la fin de la commutation.

D'après Arnold, la valeur δ de la densité de courant sous l'extrémité des balais, au moment où ils quittent le contact d'une lame du collecteur, a pour expression

$$\delta = \frac{(r + 2R + R_1)\,i - E}{S\left(R_1 - \frac{L}{T}\right)}.$$

Dans le cas qui nous occupe, l'intensité i est une fonction du temps et nous pourrons poser $i = a \sin 2\pi\alpha t$. Si nous désignons par m le coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur avec la bobine induite en court-circuit, nous avons

$$E = -\alpha m a \cos 2\pi\alpha t.$$

L'expression précédente devient donc

$$\delta = a\,\frac{(r + 2R + R_1)\sin 2\pi\alpha t + 2\pi\alpha m \cos 2\pi\alpha t}{S\left(R_1 - \frac{L}{T}\right)}.$$

Pour que la commutation se fasse sans étincelles, il faut et il suffit que la densité δ soit inférieure à une limite déterminée.

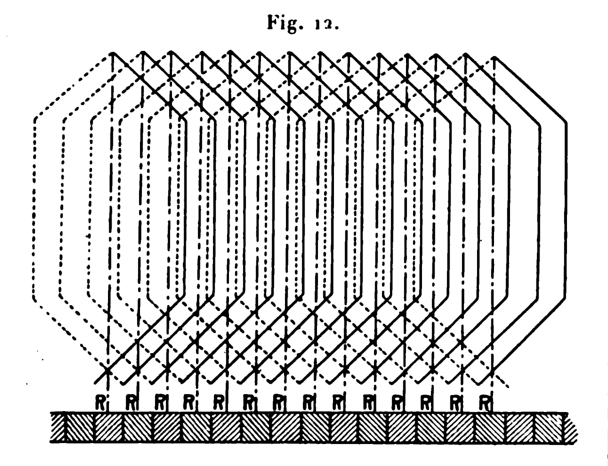
Au moment où l'intensité i est nulle, nous avons

$$\delta = \frac{i\pi\alpha m a}{S\left(R_1 - \frac{L}{T}\right)}.$$

Cette valeur de la densité doit être assez faible pour

et les lames du collecteur, surtout dans un moteur de traction où la place est si mesurée. M. Lamme a résolu ce problème très simplement en disposant les points de jonction des bobines

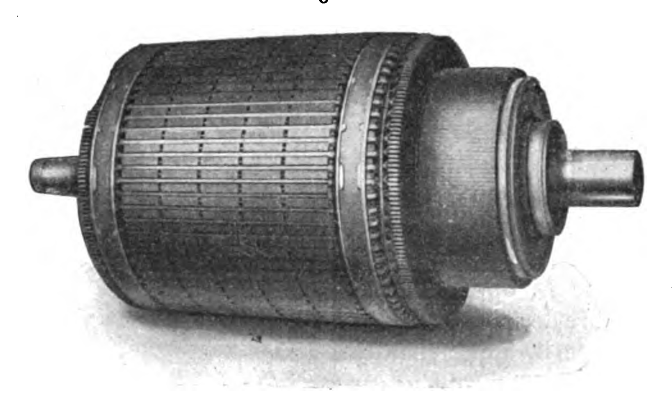
Fig. 12.



consécutives sur la face du rotor opposée au collecteur et en reliant ces points de jonction aux lames du collecteur au moyen de tiges de maillechort couchées au fond des rainures du rotor et maintenues en place par l'enroulement qui leur est superposé. Cette disposition est représentée sur la figure 12. La figure 13 représente un rotor ainsi aménagé.

On peut donc donner à un moteur série un bon facteur de puissance et une bonne commutation. M. Lamme est parvenu à constituer de semblables moteurs qui résolvent d'une façon industrielle le problème de la traction électrique, au moyen de courants de fréquence 25. Il doit être entendu, toutefois, qu'il y a toujours avantage, au point de vue du moteur, à employer des courants de fréquence plus basse. En Amérique, l'importance tout à fait extraordinaire des installations faites au Niagara, où l'on a adopté la fréquence 25, fait qu'il y a un réel intérêt à utiliser des courants de cette fréquence dans les nouveaux moteurs. En Europe, il n'y a pas de raison pour cela et c'est ainsi qu'à la Valteline, où cependant on n'employait pas de moteurs à collecteur, on a choisi la fréquence 15.

Fig. 13.



Armature d'un moteur monophasé « Westinghouse » à collecteur.

Moteur série a vitesse constante. — Lorsqu'un moteur série doit normalement tourner à une vitesse constante, s'il doit, par exemple, actionner une transmission d'atelier ou assurer la traction d'un train à long parcours et à arrêts éloignés, sur une ligne peu accidentée, on peut, grâce à certaines dispositions dues, croyons-nous,

---

que la commutation soit bonne à ce moment. Il n'y a aucun inconvénient à la laisser constante.

Lorsque l'intensité i est maxima, nous avons

$$\delta = \frac{(r + 2\mathrm{R} + \mathrm{R}_1)\,a}{\mathrm{S}\left(\mathrm{R}_1 - \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right)}.$$

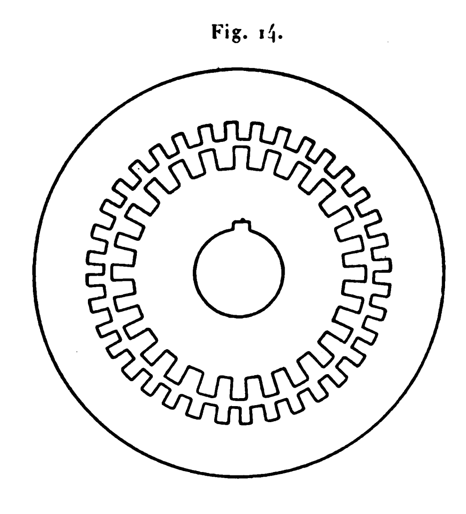
Nous pouvons donc poser $r + 2\mathrm{R} + \mathrm{R}_1 = 2\pi\alpha m$.

Or si la fréquence α est du même ordre de grandeur que la vitesse de rotation du moteur, en supposant qu'il n'y ait que deux pôles, le produit $2\pi\alpha m$ sera toujours grand par rapport à la résistance R_1. La résistance r étant négligeable, on pourra donner une valeur assez considérable à la résistance R, sans que la densité δ devienne jamais plus grande que lorsque l'intensité i est nulle.

à MM. Schüler et de Ferranti, faciliter beaucoup sa commutation et imposer une limite supérieure à sa vitesse.

On peut faire un moteur série dont la carcasse soit semblable à celle d'un moteur d'induction ordinaire, c'est-à-dire dont les masses magnétiques du rotor et du stator soient constituées par deux anneaux concentriques en tôle découpée, comme celles représentées sur la figure 14, à la

Fig. 14.



surface desquels on aura disposé des encoches semblables entre elles et régulièrement réparties le long de l'entrefer.

Le stator peut être enroulé comme celui d'un moteur d'induction à courant biphasé, mais dans lequel les bobines du groupe A, appartenant à une phase, auraient un nombre de spires différent de celui des bobines du groupe B, appartenant à l'autre phase, bien qu'elles fussent enroulées sur le même fil.

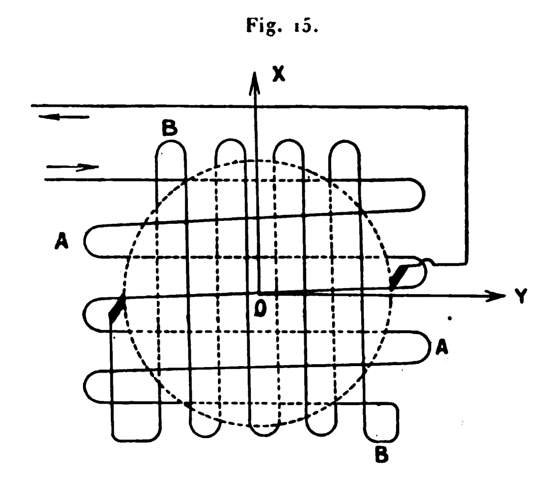
Cette disposition est représentée schématiquement sur la figure 15 où l'on a supposé qu'il s'agissait d'une machine à deux pôles.

Les deux groupes de bobines A et B sont réunis en série et produisent des forces magnétiques différentes OX, OY dans des directions perpendiculaires.

On peut aussi fermer en court-circuit le groupe de bobines B. Dans ce cas, il convient de remplacer par des barres le fil employé dans leur construction.

Le rotor est semblable à celui d'une machine à courant continu ayant le même nombre de pôles que la machine considérée; si les circuits du stator sont disposés comme il est représenté sur la figure 15, les balais sont calés de manière que la direction du flux produit par le rotor fasse un angle de 180° avec la direction OY de la force

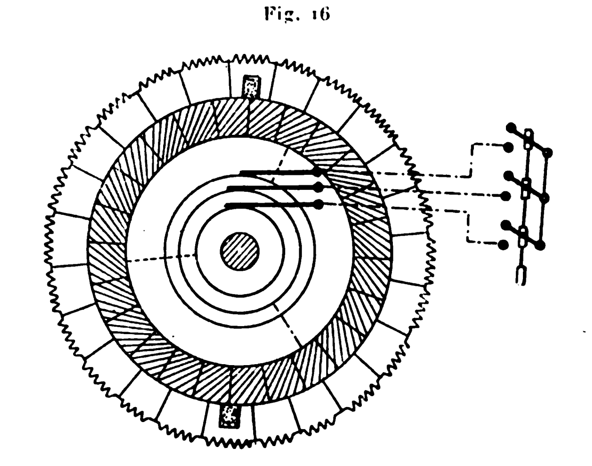
Fig. 15.



magnétisante produite par le groupe de bobines B du stator, dans le cas où la machine n'a que deux pôles.

On dispose du nombre de spires du rotor et de leur sens d'enroulement, de manière que sa force magnétisante soit égale à celle du groupe de bobines B du stator, si celui-ci est monté en série

Fig. 16



avec le groupe A. Un semblable moteur a sa réaction d'induit compensée comme le moteur Lamme et est dans les meilleures conditions pour démarrer sous charge.

On peut faire en sorte que, à sa vitesse normale, la commutation de ce moteur soit parfaite



et que son couple varie très rapidement lorsqu'il l'a atteinte, en diminuant si elle augmente, de manière qu'il s'y maintienne de lui-même.

Cette vitesse normale devra être égale à la fréquence du courant employé, si le moteur n'a que deux pôles ou à cette fréquence divisée par n, si le moteur a $2n$ pôles.

Pour cela, on dispose trois bagues sur l'axe du rotor et on les relie à trois lames du collecteur, comme s'il s'agissait du rotor d'une commutatrice à courants triphasés; trois balais fixes s'appuient sur ces bagues (voir *fig.* 16).

Lorsque le moteur a pris sa pleine vitesse, et seulement à ce moment, on ferme les balais en court-circuit.

Les choses se passent alors comme si le rotor portait trois circuits fermés sur eux-mêmes, disposés comme ceux du rotor d'une machine d'induction.

Si nous considérons les forces magnétisantes développées par les circuits du stator qui aboutissent aux balais, tous ces circuits étant parcourus par des courants de même phase et de même fréquence, les forces magnétisantes tendent à développer des flux tournant tous à la vitesse du synchronisme, mais les uns à gauche et les autres à droite.

Les flux qui tournent dans le même sens que le rotor allant à la même vitesse que lui, ne développent aucune force électromotrice dans les bobines mises en court-circuit par les balais ou dans les circuits fermés sur eux-mêmes, par l'intermédiaire des bagues.

Au contraire, les flux qui tournent en sens inverse du rotor seront supprimés par l'action des circuits fermés sur eux-mêmes par l'intermédiaire des bagues, et qui se comportent vis-à-vis d'eux comme un écran.

Dans ces conditions :

1° La commutation est parfaite;

2° Il n'y a pas de perte par hystérésis et courants de Foucault dans le rotor;

3° Si le moteur se ralentit, les circuits fermés sur eux-mêmes par l'intermédiaire des bagues demeurent le siège de courants ayant la fréquence dite *du glissement*, qui produisent un couple moteur supplémentaire;

4° Si le moteur tend à s'accélérer, les courants qui se produisent dans les circuits fermés sur eux-mêmes développent un couple résistant, qui limite l'accélération du moteur.

On fait en sorte que, pour un accroissement de vitesse peu important, le couple résistant devienne égal au couple moteur produit par les courants qui traversent les circuits fermés sur les balais appuyés sur le collecteur.

On a ainsi un moteur série qui tournera à vitesse très sensiblement constante, quelle que soit sa charge, comme un moteur shunt.

Dans le moteur que nous venons de décrire, il convient de ne mettre en court-circuit les trois bagues du rotor que lorsqu'il a pris une vitesse très voisine de celle du synchronisme. Si on le faisait à un autre moment, les circuits fermés sur eux-mêmes serviraient d'écran à tous les flux développés dans le moteur et les circuits du stator prendraient beaucoup de courant au réseau.

On pourrait fermer les bagues sur des résistances variables, que l'on diminuerait au fur et à mesure que le moteur prendrait de la vitesse. Mais cela ne nous paraît d'aucune utilité, car c'est au moment du démarrage qu'il faut aussi le plus grand couple moteur et, alors, l'action utile des courants qui se fermeraient à travers les résistances serait nulle, comme dans tout moteur d'induction à courant monophasé.

Enfin, nous avons supposé que, une fois la machine en vitesse et ses bagues fermées sur elles-mêmes, il n'y aurait plus en elle qu'un seul flux d'intensité constante, tournant dans le même sens que le rotor et avec une vitesse peu différente. Cela suppose que la perméabilité de l'entrefer soit la même dans toutes les directions, autrement dit, que la carcasse du rotor soit, comme il a été dit plus haut, semblable à celle d'un moteur d'induction.

(*A suivre*.) MAURICE LEBLANC.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS ([1]).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Nouveautés sur les accumulateurs transportables, en particulier sur l'accumulateur Jungner-Edison; par E. SIEG. Conférence faite le 25 janvier 1905, à la Société électrotechnique de Cologne (*Centralblatt f. Accumulatoren,* t. VI, p. 64, 15 mars 1905).

Dans cette conférence, l'auteur, après un historique de la question résumé ci-dessous ([2]), envisage principalement les deux points suivants : perfectionnements apportés à la fabrication de l'élément Jungner par la fabrique G. Hagen; comparaison des prix de revient de l'accumulateur alcalin et de l'accumulateur au plomb dans leur application à la traction.

I. D'après les brevets Jungner la matière active négative était préparée en chauffant au feu de forge de grandes plaques de fer qu'on plongeait ensuite dans l'eau. L'oxyde enlevé par martelage était porté dans un tambour en fer au fond duquel se trouvait du charbon de bois, puis échauffé de nouveau au feu de forge. L'oxyde de carbone produit amenait l'oxyde sous la forme active. Ce procédé était long, coûteux et incertain dans ses résultats; il n'était pas possible de compter sur une capacité constante.

Au lieu de cela, on a pris depuis, à la fabrique G. Hagen, l'oxyde des battitures que l'on réduit par un courant d'hydrogène. La matière fer ainsi obtenue est mélangée avec de l'oxyde de cadmium (brevet allemand Jungner 114905) et forme la matière négative.

La matière positive a son activité également très variable avec les conditions de production. L'oxyde du commerce est complètement inactif, car il ne se laisse pas transformer en hydrate. Au lieu de dis-

([1]) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

([2]) En 1883, Wolf prit un brevet français sur un accumulateur à électrolyte alcalin et dont les électrodes étaient en plomb spongieux.

En 1885, Lalande et Chaperon ont indiqué la combinaison cuivre-alcali-oxyde de cuivre. On ne sait si cette combinaison, de force électromotrice très faible, a été réalisée.

Dun, dans un brevet allemand de 1885, décrit des accumulateurs dont l'anode se compose de charbon de cornue ou de charbon artificiel, ou encore d'oxyde, peroxyde, hydrate métallique insoluble dans la potasse ou dans la soude et possédant la propriété de passer à un degré d'oxydation supérieur en absorbant l'oxygène.

En 1887, Morrison et Schmidt indiquent la combinaison cadmium-cuivre dans un brevet américain (source inconnue). Dans la même année, Desmazures brevète un procédé de préparation d'anodes pour accumulateurs au zinc. On forme des plaques avec des poudres métalliques des dépôts chimiques ou électriques, des produits de réduction des oxydes par l'hydrogène ou par l'oxyde de carbone et l'on comprime sous forte pression. Sont cités comme métaux : le platine, l'argent, le cobalt, le cuivre, le nickel, le manganèse, l'aluminium, le fer, etc.

Dans son brevet français de 1893, Darrieus décrit des accumulateurs dont les deux électrodes consistent en métaux finement divisés insolubles dans la potasse. Sont cités : argent, or, cuivre, mercure, bismuth, fer, nickel, cobalt, cadmium, etc. A titre d'exemple sont données les combinaisons cuivre-bismuth et cuivre-cadmium.

En 1896, Krieger renouvelle la combinaison zinc-nickel et, en 1898, Pollak brevète la combinaison fer-fer.

Jungner classe les métaux déjà indiqués par Darrieus, d'après leur aptitude à former des oxydes ou des hydrates d'oxyde, et il combine oxyde avec oxyde, hydrate avec hydrate. Dans le premier groupe se classent le cuivre et l'argent; dans le deuxième, le nickel, le fer, le cadmium, le bismuth, le manganèse, le cobalt. On a alors

$$M(OH)^2 + KOH + M' = M + KOH + M'(OH)^2 \quad \text{ou} \quad MO + KOH + M' = M + KOH + M'O.$$

Dans l'autre cas

$$M(OH)^2 + KOH + M' = M + KOH + H^2O + M'O.$$

Jungner désigne ces éléments sous le nom d'*accumulateurs à électrolyte invariable.* Il prend des brevets pour des formes d'exécution : préparation d'électrodes d'argent, de cathodes en cadmium, une combinaison nickel et fer par formation d'après la méthode Planté.

Michalowski fit un élément zinc-nickel à électrolyte invariable en prenant comme électrolyte un aluminate; mais cette combinaison est sans importance pratique.

Edison prit le 6 février 1901 un brevet sur la combinaison fer-nickel que Jungner avait brevetée en Suède le 22 janvier 1901.

Jungner lança sur le marché un accumulateur argent-oxyde de cuivre, mais sans succès, car l'oxyde d'argent se dissout un peu dans l'alcali et il se forme bientôt des courts-circuits.

En septembre 1903, U. Schoop, ingénieur de la fabrique G. Hagen, fut envoyé en Suède. A la suite d'un rapport favorable, le brevet fut acheté pour l'Allemagne.



soudre le nickel dans l'eau régale et de le précipiter à l'état d'hydroxyde, on emploie maintenant un procédé électrolytique. Le métal est tranformé directement en hydroxyde sous une concentration d'électrolyte constante. L'hydrate ainsi obtenu est placé dans les poches et se laisse alors oxyder électrolytiquement.

Pour le graphite, le choix de celui-ci a une influence. Le mieux approprié est un mélange d'une sorte de graphite en flocons avec du graphite finement pulvérisé. Par nickelage du graphite, on augmente encore l'activité.

Ayant obtenu une matière toujours comparable à elle-même, on a entrepris des améliorations mécaniques. Il est nécessaire, pour augmenter le coefficient d'utilisation de la matière active, de donner à la masse une surface aussi grande que possible, car on a trouvé que la capacité est proportionnelle à la surface. Par suite de la mauvaise conductibilité de la masse il n'est pas seulement nécessaire d'additionner d'un conducteur, mais il faut encore comprimer le tout. Mais alors la diffusion à l'intérieur est rendue plus difficile. Après des recherches, la fabrique Hagen a pu faire des plaques à grande surface par un pénible procédé de laminage.

Ces plaques sont montées entre des diaphragmes qui ont la propriété de se gonfler et d'être inattaquables à la lessive. Malheureusement les plaques de nickel ainsi fabriquées n'ont pas la solidité mécanique nécessaire pendant que les plaques négatives deviennent supérieures. Pour cette raison on a dû revenir à la disposition primitive de Jungner et introduire la matière dans des poches.

Actuellement la matière est comprimée en briquettes que l'on porte dans des poches perforées et que l'on comprime à nouveau. L'emploi de très grandes pressions n'est pas nécessaire et peut même endommager la solidité des électrodes. Au début la fabrique Hagen employait des poches verticales de 20^{cm} de longueur qui ont été remplacées plus tard par des poches horizontales de 8^{cm} de longueur. Edison comprime les deux demi-poches pour les assembler; mais on a trouvé que les poches perdent ainsi facilement leur contact. Le mieux serait de souder; mais, s'il est possible de souder nickel avec fer, on ne peut arriver à souder nickel avec nickel.

La fabrique Hagen a la conviction qu'il ne faut pas s'attendre à faire de l'élément fer-nickel un accumulateur plus léger que celui au plomb, mais un accumulateur plus solide [1]. Pour y parvenir il est nécessaire d'employer exclusivement le nickel pour constituer les poches, car par les longues charges dans l'un ou l'autre sens l'acier nickelé ne résiste pas à l'attaque. Dans ce cas, comme le nickel n'a pas la solidité de l'acier, on doit prendre une épaisseur de $0^{mm},075$ à $0^{mm},1$ au lieu de $0^{mm},04$ pour la tôle d'acier d'Edison. En vue d'augmenter la solidité on a remplacé le graphite par du nickel en fines écailles fabriquées d'après un procédé qui n'est pas très économique. Les plaques elles-mêmes sont reliées par des boulons. Les résultats atteints jusqu'ici donnent 10 à 12 watts-heures par kilogramme, tandis que l'élément Edison donne 24 watts-heures.

La théorie de l'accumulateur fer-nickel n'est pas encore connue. On peut supposer que l'électrode-fer passe à un degré d'oxydation supérieur à $Fe(OH)^2$.

La capacité baisse peu quand l'intensité augmente; c'est donc surtout pour les hautes intensités que cet élément est avantageux.

II. En pratique, le prix d'achat est un facteur d'importance non négligeable. Il résulte de la nature des matières que l'élément fer-nickel ne peut pas être fabriqué à un bas prix. La « Edison Storage Battery Co » demande 15 dollars (75^{fr}) pour un élément de 160 ampères-heures. Une batterie de 64 éléments pour 80 volts coûte donc 4080 marks (5100^{fr}) et, d'après les résultats de la fabrique Hagen, l'auteur ne croit pas qu'une diminution de prix ou un gros rabais soient possibles. Une batterie de même puissance au plomb coûte environ 1500 marks (1875^{fr}) et encore avec des rabais pour de grosses commandes. Si l'on suppose qu'une automobile parcourant 100^{km}, pendant 300 jours de l'année — supposition qui n'est pas trop élevée — nécessite un intérêt de 5 pour 100 et un amortissement à

[1] Dans l'élément fer-nickel, si on a la reaction

$$Fe + Ni(OH)^4 = Fe(OH)^2 + Ni(OH)^2,$$

il faut pour 1000 ampères-heures 1042^g d'hydrate d'oxyde de fer et 2364^g d'hydrate d'oxyde de nickel, en tout $3^{kg},41$ de matière, tandis que l'accumulateur au plomb demande $8^{kg},4$ de matière. Mais en pratique, cette dernière est suffisamment conductrice, ce qui n'est pas le cas de la première.

Pour le fer, on doit ajouter 25 pour 100 et pour le nickel 40 pour 100 de graphite, ce qui élève à $5^{kg},9$ le poids de matière active pour 1000 ampères-heures.

En outre l'élément au plomb donne 2 volts, tandis que l'élément fer-nickel donne seulement 1,25 volt. Le poids de matière pour 1000 watts-heures devient alors $4^{kg},72$ pour l'élément fer-nickel et $4^{kg},2$ pour l'élément au plomb.

On déduit de ces chiffres qu'on peut obtenir par kilogramme de matière active : 238 watts-heures avec l'élément au plomb et 211 watts-heures avec l'élément fer-nickel.

Dans une plaque Edison le poids de la matière active entre pour 50 pour 100 dans le poids de la plaque, tandis qu'il entre pour 70 pour 100 dans la plaque au plomb. On obtient ainsi par kilogramme de plaques : 166,5 watts-heures avec l'élément au plomb et 114 watts-heures avec l'élément au fer-nickel.

Dans ses nouveaux types, Edison indique 24 watts-heures par kilogramme d'élément, alors qu'on arrive à 30 pour l'élément au plomb.

10 pour 100, on trouve alors :

Pour l'accumulateur fer-nickel. 2 pfennigs par km
» » au plomb. 0,75 » » »

Mais il faut encore ajouter que le rendement de l'accumulateur fer-nickel de construction actuelle n'atteint que 50 pour 100 alors qu'on obtient 80 pour 100 avec l'accumulateur au plomb.

Une voiture électrique qui consomme 240 watts-heures de charge par kilomètre coûte comme courant 4 pfennigs par kilomètre, le courant étant compté 16 pfennigs le kilowatt-heure. Avec une batterie nickel-fer il faudrait compter en plus 2,25 pfennigs par kilomètre.

On voit donc que l'accumulateur alcalin actuel coûte en courant, intérêt et amortissement, 3,5 pfennigs de plus que l'accumulateur au plomb par kilomètre, tandis que la fabrique G. Hagen accepte l'entretien total des batteries pour 3 pfennigs par voiture-km.

Ainsi donc, en supposant qu'on arrive à fabriquer un accumulateur fer-nickel absolument inusable, cet élément serait en exploitation plus irrationnel que l'accumulateur au plomb même si l'on ne tient pas compte de sa puissance spécifique plus faible.

La comparaison devient plus favorable à l'élément fer-nickel avec les décharges rapides à haute intensité et les prix très faibles de courant.

Pour les exploitations de tramways système mixte avec faibles parcours sans conducteurs aériens, un accumulateur alcalin entièrement inusable serait déjà aujourd'hui supérieur à l'élément au plomb. Au point de vue de l'usure on a comme base les recherches de la fabrique G. Hagen et le fait qu'Edison a retiré son élément du marché et ne le relancera que lorsqu'il y aura apporté des perfectionnements. Mais il ne faut pas oublier que l'accumulateur au plomb a aujourd'hui vingt années d'essais en grand et est tout à fait perfectionné, tandis que l'accumulateur alcalin n'est travaillé que depuis peu d'années. On peut aussi penser que cet élément, même conçu dans la forme robuste de la fabrique G. Hagen, recevra des améliorations qui permettront de l'utiliser pour les automobiles [1].

L. J.

---

[1] Dans la discussion, qui suit cette communication, le Dr Bermbach demande si dans l'accumulateur alcalin la résistance intérieure n'est pas beaucoup plus élevée que dans l'accumulateur au plomb. M. Sieg répond que la conductibilité de la lessive un peu plus faible que celle de l'acide est compensée par le moindre écartement des plaques.

Le Dr Roloff communique qu'il a eu l'occasion d'essayer en détail le type D de l'accumulateur Edison. Il a trouvé que la capacité garantie n'est pas atteinte et que l'énergie baisse avec le nombre de décharges. Après 100 décharges, au lieu de 173 ampères-heures, l'élément n'en donnait plus que 50 à 70. Aux premières décharges, on avait comme rendement 0,625 en ampère-heure et 0,44 en watt-heure. Mais ces valeurs baissaient et, en prenant la moyenne de 500 décharges, on trouvait 0,45 à 0,50 en ampère-heure et 0,26 en énergie. L'énergie spécifique était tombée de 19 à 11,6 watts-heures par kilogramme. Pour 100 watts-heures, le volume constaté était 3l,9. Le Dr Roloff croit donc que l'élément Edison actuel ne peut pas convenir à l'automobilisme et que les chiffres donnés par M. Sieg pour les accumulateurs alcalins sont encore trop favorables.

Le Dr Sieg répond que l'élément type E (nouvelle construction Edison) qu'il a essayé donne bien l'énergie annoncée aux premières décharges. Les accumulateurs au plomb les plus nouveaux ont un encombrement de 1l,1 par 100 watts-heures pour la décharge en 5 heures.

M. Schoop communique que, d'après les mesures de personnes compétentes, la baisse de capacité de l'élément Edison n'est pas aussi grande que celle indiquée par le Dr Roloff. La différence peut être expliquée par un défaut de fabrication, la fabrication en grand n'étant pas encore régulière.

BREVETS RÉCENTS.

Machines transformatrices : Berry. BP. 10800, 1904, (transformateur). — Compagnie générale d'Électricité de Creil. BF. 352129, 6 mars 1905 (système d'enroulement pour transformateurs et bobines à courants triphasés). — Fortescue. USAP. 791021, 30 sept. 1903 (transformateur). — Heinicke. BF. 352378, 20 janvier 1905 (transformateur). — La Cour. DRP. 161423, 5 janv. 1904 (transformateur de courants triphasés en courant continu). — Maggirini. USAP. 788272, 20 oct. 1903 (procédé pour obtenir des courants redressés). — Neveux. BF. 349871, 21 avril 1904 (transformateur électrique de vitesse). — Porter. USAP. 788279, 7 oct. 1904 (redresseur de courants alternatifs). — Sahulka. DRP. 161174, 25 oct. 1903 (procédé de transformation d'un courant alternatif en un autre de fréquence moindre. — Siemens-Schuckert Werke. BF. 349794, 31 déc. 1904 (dispositif auxiliaire faisant éviter des excès de tension à la commutation). — Winter. USAP. 790414, 24 août 1903 (redresseur de courants alternatifs). — *Divers* : Allgemeine Elektricitats Gesellschaft. DRP. 160648, 16 juin 1904 (dispositif pour réduire les pertes à vide dans les transformateurs). — General electric Company. BP. 13072, 1904 (condensateurs). — Hirschmann. DRP. 160716, 29 juillet 1904 (perfect. à l'interrupteur Wehnelt permettant d'avoir toujours le même nombre d'interruptions malgré les variations de courant). — Ribbe. BF. 350847, 18 janvier 1905 (dispositif pour maintenir un mouvement uniforme de deux éléments rotatifs actionnés par des sources de force différente).

Piles : Féry. BF. 351374, 8 février 1905 (pile sèche constante). — Jonas. BF. 349964, 4 juin 1904 (pile sèche). — Siemens et Halske. DRP. 161124, 26 février 1904 (pile sèche). — Sufe. DRP. 160645, 4 novembre 1903 (prise de courant pour pile). — Wedekind. DRP. 161454, 19 mars 1904 (élément galvanique).

Accumulateurs : Elieson. BF. 352265, 10 mars 1905 (pièce de connexion pour batterie d'accumulateurs). — Gardiner. BF. 351884, 351885, 351886, 351887 et 351932 28 février 1905; BP. 27900 et 27902, 1904 (accumulateurs). — Gouin. BF. 349904, 9 mai 1904. — Leitner. BP. 14128, 1904. — Pfluger Accumulatoren-Werke. BP. 315, 1905. — Smethurst et Bishop. BP. 14087, 1904. — Tudor. BF. 351922, 1er mars 1905 (support élastique pour batterie d'accumulateurs). — Vanderbeef. DRP. 160205, 13 juillet 1904 (commutateur pour batterie d'accumulateurs). — Wilde. DRP. 160673, 25 juin 1901.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : General Electric Cy. BP. 10880, 1904 (transmission de force). — Tanner. BP. 10080, 1904 (distribution d'électricité).

Canalisations : *Conducteurs :* Baron. BF. 351417, 10 février 1905 (système d'enroulement et de déroulement automatique pour conducteurs électriques). — Burlingham et Burton. USAP. 789651 (conducteur électrique). — Geoffroy et Delore. BF. 352256, 24 février 1905 (enrobage de fils de cuivre très fins). — Seyert et Blondel. BF. 351377, 9 février 1905 (fil électrique avec isolement ignifuge). — *Conduites, supports, attaches, isolants et isolateurs :* Amiante du Cap (Cie française de l'). BF. 349305, 10 mai 1904 (nouveau procédé pour l'isolement des fils et câbles électriques). — Bechtold. USAP. 789832, 20 oct. 1904 (isolateur). — Haeffely. DRP. 161698, 12 mai 1904 (isolant). — Heap. BF. 351484, 11 fév. 1905 (support pour conducteurs électriques aériens). — Marconi's Wireless Cy. BP. 1681, 1905 (isolateur). — Nisbett. BF. 352525, 20 mars 1905 (séchage de l'isolement hygroscopique des conducteurs électriques). — Flynt et Maiden. BF. 349523, 13 juin 1904 (enveloppe protectectrice pour isolateurs de fils électriques). — Giraud. BP. 29063, 1904 (isolateur). — Guett. USAP. 783430, 13 juin 1904 (isolateur). — Lutz. USAP. 787338, 23 mai 1901 (support). — Michel. BF. 349428, 22 déc. 1904 (pièces en matière isolante avec incrustations pour application). — Pontite. BF. 3826, 1904 (matière isolante). — Rosner. DRP. 159626, 15 mai 1904 (conduites pour conducteurs). — Rupley. USAP. 783546, 21 juil. 1904 (isolateur). — Steinberger. USAP. 786690, 25 mars 1903 (isolateur à cloches multiples). — Ward. BP. 12076, 1904 (isolateur). — Ward et Furniss. USAP. 786472, 11 juil. 1904 (isolateur). — Waterhouse Co Ld. BP. 7429, 1904 (conduite métallique pour câbles). — Parvillée. BF. 352181, 8 mars 1905 (porphyrite, matière isolante électrique). — Royes. DRP. 161150, 6 avril 1904 (supports pour fils aériens). — Steinberger. USAP. 789573, 17 juillet 1903 (isolateur). — Taylor. BP. 12136, 1904 (conduites). — Zetterlund. USAP. 789830, 25 nov. 1904 (attache pour câble). — *Connexions, joints :* King. USAP. 789433, 10 oct. 1902 (connexion). — Lightholder. USAP. 789499, 19 nov. 1904 (épissure). — Sargent. USAP. 789508, 9 oct. 1902 (joint). — Steinberger. USAP. 789574, 26 sept. 1904 (connexion). — Braine. USAP. 785657, 10 fév. 1904 (joint isolant). — Chisholm. USAP. 785712, 11 mai 1904 (joint). — Martin. BP. 4110, 1904 (connexion électrique). — Sorg. USAP. 784766, 17 août 1903 (joint).

Prises de courant : *Bornes et Boîtes de jonction :* Reed et Comiskey (Mac). USAP. 791289, 19 sept. 1904 (boîte de jonction).

Interrupteurs : Fives-Lille (Compagnie de). BF. 352644, 22 mars 1905 (interrupteur à fermeture et rupture brusques). — Granoux et Cie. BF. 351719, 24 fév. 1905. — Grath (Mac). USAP. 789814, 21 oct. 1904. — Klein. BP. 8910, 1904. — Leitner. BF. 351335, 4 fév. 1905 (perfectionnements dans les conjoncteurs-disjoncteurs automatiques). — Marconi's Wireless Telegraph Co. DRP. 160446, 27 sept. 1904 (interrupteur automatique). — Scholler. DRP. 161646 et 161647, 29 nov. et 9 déc. 1904 (interrupteur automatique). — Voigt et Haffner. DRP. 161173, 23 fév. 1904 (soufflage magnétique pour interrupteurs). — Woodbridge. USAP. 789475, 3 juillet 1902.

Commutateurs : Allgemeine Electricitæts Ges. DRP. 161208, 15 déc. 1904. — Baumann. DRP. 161365, 29 oct. 1904. — Bell. USAP. 789649, 18 janv. 1904 (commutateur électropneumatique). — Bogia. BP. 10470, 1904. — Cameron. BP. 21846, 1904. — Church. USAP. 791008, 18 oct. 1902. — Dugdill. BF. 352188, 8 mars 1905 (commutateur rotatif). Ellor et Ellor. BP. 23999, 1904. — Emmet et Hewlett USAP. 789597, 14 fév. 1901 (commutateur pour hautes tensions). — General Electric Company. BP. 12338, 1904. — Giraham. — BP. 11368, 1904. — Guett. BP. 28370, 1904. — Herz. USAP. 789975, 7 oct. 1904. — Heyland. BF. 352587, 21 mars 1905 (balais pour commutateurs). — Hewlett. USAP. 791095, 29 juil. 1903 (commutateur avec contacts en charbon). — Huffer. USAP. 789914, 31 oct. 1904. — Lackie et Calderwood. USAP. 786907, 26 av. 1904 (commutateur relais à temps). — Lean (Mac). BP. 13624, 1904. — Longden. BP. 29014, 1904. — Lundberg. BP. 13543, 1904. — Marx. USAP. 789556, 1er sept 1904. — Perkins et Crandall. USAP. 790262, 19 oct. 1904. — Reamer (de). USAP. 791085, 9 déc. 1902. — Rucker. USAP. 790983, 8 oct. 1904. — Sargent. USAP. 789459, 9 oct. 1902. — Seabrook et Job. BP. 21131, 1904. — Siemens et Halske. BP. 3409, 1905. — Siemens-Schuckertwerke. DRP. 160557, 3 av. 1904. — Veulle (de). BP. 12418, 1904. — Wolf. DRP. 161456, 17 mai 1904. — Wright et O'Neill. USAP. 789518, 19 av. 1904.

Résistances et rhéostats : General Electric Cy. BP. 10461, 1904. — Rupley. USAP. 789456, 20 sept. 1901.

Coupe-circuit : Allgemeine Electricitats Ges. BP. 23716, 1904, (pare-étincelles). — Darlington. USAP. 789413, 11 avril 1904. — Frechette. USAP. 790789, 11 avril 1904. — General Electric Cy. BP. 12337, 1904. — Rolland. BF. 352703, 25 mars 1905. — Thomson-Houston. BP. 12340, 1904.

Fusibles : Allgemeine Electricitats Ges. DRP. 161242, 25 fév. 1904 (plomb fusible). — Goodbridge. USAP. 785306, 16 juin 1904.

Parafoudres : Applications industrielles (Société d'). BF. 352697, 24 mars 1905 (parafoudre multiple). — Gates. USAP. 787371, 16 août 1904. — Sargent. USAP. 789458, 28 août 1902. — Short. USAP. 789886, 1er août 1904.

Dispositifs de protection : Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft. DRP. 160585, 10 déc. 1903 (dispositif de sûreté contre les courts-circuits dans les réseaux de distribution). — Kelvey. USAP. 789082 et 789083, 22 sept. et 27 déc. 1904. — Schaffer. BP. 26679, 1904. — Siemens Bros et Co. BP. 28018, 1904. — Wilson. BP. 25220, 1904.

Dispositifs de protection divers : Davis et Conrad. BP. 392, 1905. — General Electric Cy. BP. 10878, 1904 (protecteur). — Hugoniot. BF. 352389, 28 fév. 1905 (limiteur d'électricité). — Land et Seekebelwerke. BP. 3010, 1905 (dispositif empêchant la surtension des câbles). — Wilhelmi. BF. 351768, 18 fév. 1905 (protecteur pour câbles électriques).

Régulateurs et appareils de contrôle : Badische Anilin und Soda Fabrik. BP. 14460, 1904 (réglage des circuits électriques). — Clark. USAP. 789488, 19 oct. 1903 (indicateur de synchronisme). — Dorman. USAP. 790819, 16 oct. 1902 (dispositif de contrôle des circuits électriques). — Internationaler Electric Controller Co. DRP. 161455, 2 oct. 1903 (régulateur de courant). — Richards. BP. 28393, 1904 (régulateur). — Sargent. USAP. 789457, 23 août 1903 (commutateur pour contrôleur de circuit). — Société alsacienne de Constructions mécaniques. BF. 352318, 11 mars 1905 (régulateur électromécanique). — Swarts. USAP. 789822, 29 fév. 1904 (régulateur automatique).

Appareils divers : Krantz. USAP. 788109 et 788917, 6 déc. 1904 (tableau de distribution). — Lovejoy. USAP. 790581, 19 août 1903 (bobine d'inductance pour appareils électriques). — Thomson (Elihu). USAP. 789463, 1 oct. 1904 (bobine de réactance). — White. BP. 12373, 1904 (indicateur).

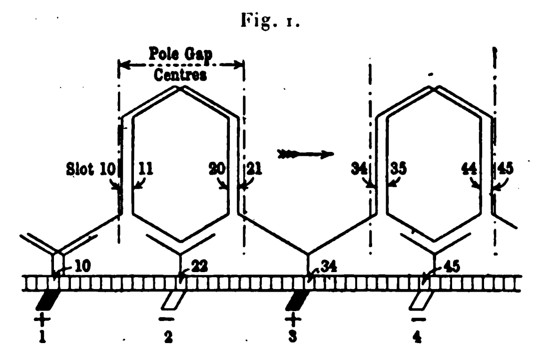
APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Sur la commutation dans un moteur à quatre pôles, par J.-K. CATTERSON-SMITH. Communication présentée à l'Institution of Electrical Engineers (section de Birmingham), le 15 mars 1905. [*Electrical Review* (Londres), t. LVI, 5 mai 1905, p. 745-748)].

L'auteur a étudié le phénomène de la commutation sur un moteur shunt de 6 chevaux, à quatre pôles, alimenté à 110 volts et marchant à 1200 tours par minute. Le moteur avait quatre balais en charbon, dont les dimensions étaient de $40^{mm} \times 12^{mm}$; les lames du collecteur, larges de 10^{mm}, étaient séparées par $0^{mm},5$ d'isolant; le balai couvrait 1,21 lame. On avait coupé le circuit de l'induit et joint les deux bouts à deux bagues collectrices dont les balais étaient reliés par une bande de manganine; un oscillographe Duddell, mis en dérivation sur cette bande, indiquait à chaque instant la valeur de l'intensité dans la section de l'induit ainsi modifiée.

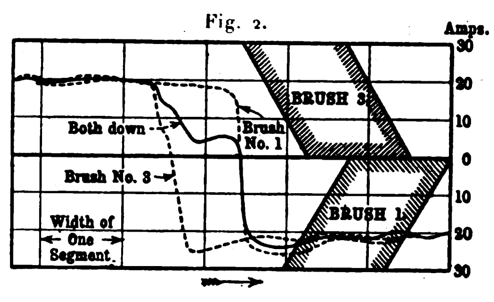
L'enroulement de l'induit, dont la figure 1 donne

Fig. 1.



le schéma, est du type ondulé tétrapolaire. Dans ce système, les quatre côtés des deux bobines n'arrivent pas au même instant dans le plan neutre géométrique, ce qui produit, avec l'emploi de quatre balais, un courant de circulation considérable entre les deux balais de même polarité, le circuit étant formé par les bobines entre les deux balais, les balais eux-mêmes et les conducteurs qui les relient. C'est ce qui a toujours lieu dans les enroulements ondulés où le nombre des balais est égal à celui des pôles; le résultat est une perte par effet Joule. Le collecteur a 47 lames et, le porte-balais étant symétrique, l'un des balais commence la commutation une demi-lame avant l'autre balai de même polarité. On le voit dans la figure 2, qui représente les courbes de commutation dans les trois cas suivants : balai 1 abaissé, balai 3 abaissé, balais 1 et 3 abaissés (1 et 3 sont de la même polarité). La charge était de 3,6 chevaux utiles, la vitesse de 1200 tours par minute, et dans chaque cas il se produisait de légères étincelles aux balais. La densité de courant sous le balai est de 10,4 ampères par centimètre carré avec un seul balai, et de 5,2 ampères avec deux balais positifs. On voit sur la figure la largeur d'une

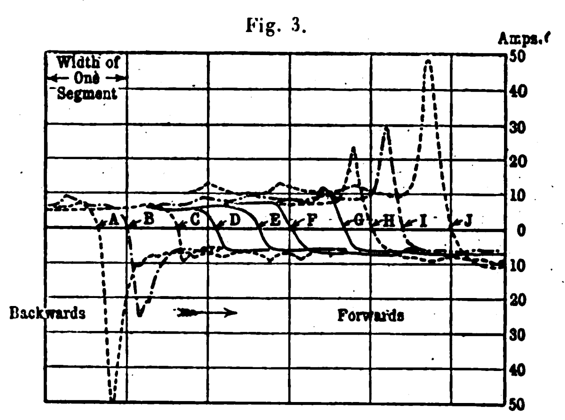
Fig. 2.



Brush = Balai.
Both down = Les deux balais abaissés.

lame et d'un balai, ces dimensions sont les mêmes pour les autres diagrammes. Quand les deux balais

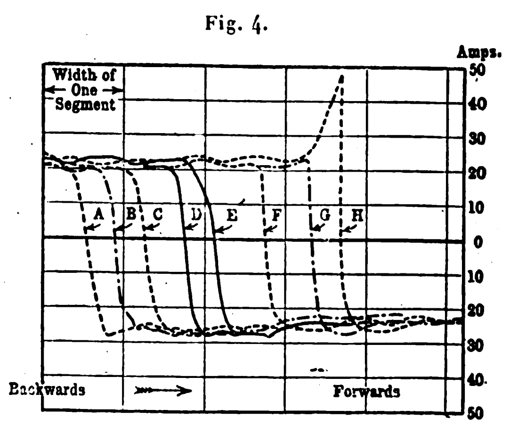
Fig. 3.



Width of one segment = Largeur d'une lame.
Backwards = Arrière. Forwards = Avant.

positifs sont abaissés, l'intervalle de temps dans lequel doit s'opérer l'inversion du courant dans une

Fig. 4.



section donnée se prolonge, et, comme le montre la figure 2, le courant s'annule plus lentement, ce qui

est préférable au point de vue de la production des étincelles.

Les oscillographies des figures 3 et 4 ont été prises avec deux balais seulement abaissés (un de chaque polarité), les balais 2 et 3. On y voit les courbes de commutation à faible charge et à 60 pour 100 de la pleine charge, les balais étant décalés d'étendues diverses en avant ou en arrière. La Table ci-dessous indique les valeurs de ces décalages pour les courbes des figures 3 et 4.

COURBE.	DÉCALAGE.	
	Figure 3.	Figure 4.
A	2 lames en arrière	1 lame en arrière
B	1,5 lame »	1,5 » »
C	1 » »	1 » »
D	0,5 » »	0,5 » »
E	0; plan neutre géométrique	0; plan neutre géométrique
F	0,5 lame en avant	0,5 lame en avant
G	0,5 » »	1 » »
H	2 lames »	1,5 » »
I	2,5 » »	
J	2,75 » »	

Aux deux décalages limites il y avait de fortes étincelles; au plan neutre, elles étaient presque nulles.

Les figures 5 et 6 reproduisent les courbes de commutation avec les quatre balais abaissés. On y voit le courant local intense qui circule entre les balais de même polarité. Aux positions de décalage extrême, l'effet des dents de l'armature est très marqué. La Table ci-dessous indique les décalages correspondant aux diverses courbes.

Fig. 5.

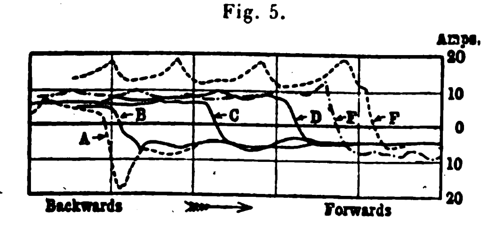
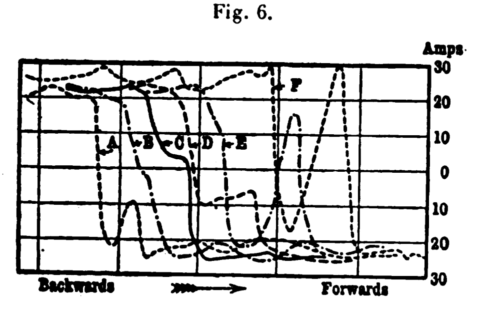


Fig. 6.



COURBE.	FIGURE 5. Décalage.	FIGURE 5. Courant dans le moteur.	FIGURE 6. Décalage.	FIGURE 6. Courant dans le moteur.
		amp		amp
A	1,5 lame arrière	20	1,5 lame arrière	57
B	1 » »	17	1 » »	55
C	0; plan neutre	16	0,5 » »	53
D	1 lame avant	16,5	0,5 lame avant	52,5
E	1,5 » »	18	1 » »	54,2
F	2 lames »	23	1,5 » »	57
Charge	A vide		3,6 chevaux au frein	
Densité sous le balai....	1,6 amp : cm²		5,3 amp : cm²	

Ces courbes montrent l'intérêt qu'il y a à employer des balais aussi étroits que possible dans les moteurs à grands arcs polaires, où la zone neutre est peu étendue.

Dans les projets de moteurs à courant continu, on a maintenant l'habitude de calculer la force électromotrice de self-induction d'une section pendant le court-circuit; la méthode le plus souvent adoptée est celle de M. Hobart. On admet que pendant la commutation la variation de courant dans la section suit une loi sinusoïdale, la force électromotrice de self-induction est alors

$$2\pi n \mathrm{LI},$$

n étant la fréquence de commutation, ou

$$\frac{\text{vitesse tangentielle du collecteur}}{2 \times \text{largeur du balai}},$$

L étant l'inductance de la section, en henrys, et I le courant dans la section. Pour calculer L dans le cas des induits dentés, on admet ordinairement qu'un conducteur engagé dans une encoche produit un flux de 4 lignes de force magnétiques par centimètre et par ampère et qu'un conducteur placé en dehors du fer (connexions terminales) produit un flux de 0,8 ligne de force par centimètre et par ampère. Ces chiffres résultent d'essais effectués par M. Hobart et s'appliquent à des encoches dont la profondeur est à peu près triple de la largeur.

L'auteur calcule par cette méthode la force électromotrice de self-induction, ou *voltage de réactance*, produite par la commutation. Il trouve 2,2 volts pour une seule section; c'est le chiffre minimum. Quand deux balais seulement sont abaissés (cas le plus défavorable), le voltage de réactance est de

4,4 volts. Avec les quatre balais, on a une valeur probablement intermédiaire.

Il est probable que la variation du courant dans le section commutée est rarement sinusoïdale, aussi le calcul du voltage de réactance ne donne-t-il qu'une indication, mais cette indication est d'une grande utilité. La meilleure pratique à suivre, dans le calcul des machines, est de donner au voltage de réactance une valeur moindre que la chute de tension due au contact du balai, surtout dans les moteurs à renversement de marche dont les balais sont calés dans une position invariable. Les valeurs qu'on ne devrait pas dépasser pour le voltage de réactance sont les suivantes : 4 volts pour les petites machines, 3 volts à 3,5 volts pour les grandes, 1 volt à 1,5 volt pour les moteurs à vitesse variable.

La self-induction de la section commutée a pour effet de retarder la diminution du courant qui y circulait avant son arrivée sous le balai et de retarder aussi l'accroissement du courant de sens opposé. La surface de contact entre la lame du collecteur et le balai diminuant rapidement, la densité de courant peut devenir très grande sous une des cornes du balai, donnant lieu à des étincelles et à un échauffement excessif. L'auteur considère ce phénomène comme jouant un grand rôle dans la question de la commutation. P. L.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : Allgemeine elektricitaets Gesellschaft. BF. 351900, 28 fév. 1905 (moteurs à courants alternatifs monophasés). — Broad. DRP. 161457, 1 avril 1904 (moteur jouet). — Burke. BF. 352272, 10 mars 1905 (moteur électrique). — General electric Company. BP. 8403 et 11930, 1904, (moteurs électriques). — Jigouzo. BP. 22000, 1904 (moteurs électriques). — Lundell. BP. 22808, 1904 (moteurs électriques). — May. USAP. 790258, 29 juillet 1903 (moteur à courant alternatif). — Noeggerath. USAP. 789444, 1er sept. 1904 (moteur). — Pécheux. USAP. 786918, 6 janv. 1905 (moteur continu). — Siemens-Schuckertwerke. BF. 352034, 4 mars 1905 (système pour équilibrer les variations de charge de machines motrices quelconques). — Zweigberk (von). BP. 8620, 1904 (moteur). — *Démarrage, régulation et freinage :* Allgemeine Elektricitats Gesellschaft. DRP. 161458 et 161584, 21 avril 1904 (frein pour moteur à répulsion et démarreur). — Bill. USAP. 790100, 21 fév. 1905 (dispositif de sûreté pour démarreur). — Kramer. DRP. 161094, 31 mai 1904 (frein électromagnétique). — Lahmeyer et Co. DRP. 161230 et 161533, 21 avril et 10 mai 1904 (démarrage des moteurs et réglage du nombre de tours d'un moteur asynchrone accouplé à un moteur asynchrone); BF. 332577, 24 mars 1905 (réglage des moteurs et générateurs). — Siemens-Schuckertwerke. BF. 352240, 10 mars 1905 (système pour régler le moment de rotation et le nombre de tours de certains moteurs). — Siemens et Halske. DRP. 161209, 8 août 1902 (régulateur pour moteurs).

Électro-aimants : Hellmund. DRP. 161212, 31 déc. 1903. — Ihlder. USAP. 791423, 2 déc. 1904 (électro-aimant à courant alternatif). — Pape et Boyer. BF. 351996, 2 mars 1905 (dispositif électromagnétique). — Schwabe et Co. DRP. 161367, 12 avril 1904.

Machines et appareils : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. BP. 23991, 1904 (suspension magnétique). — Baehr. USAP. 791124, 10 fév. 1905 (contrôleur pour moteurs électriques). — Barlow. USAP. 791435, 9 déc. 1904 (dispositif limiteur de vitesse). — Baynes. BP. 13596, 1904 (sonnerie électrique). — Bentley. BP. 12737, 1904 (contrôleur). — Carpenter. USAP. 789487, 10 oct. 1904 (contrôleur pour moteurs électriques). — Caywood. USAP. 791182, 12 août 1904 (conjoncteur thermostatique). — Cerebotani. DRP. 161420, 8 juillet 1903 (relais polarisé). — Cooper. USAP. 790189, 15 oct. 1904 (avertisseur). — Cummins. BP. 8501, 1904 (contrôleur). — Davis. USAP. 791081, 13 janv. 1902. — Eveleth et Rider. USAP. 789419, 3 juin 1903 (contrôleur magnétique). — Everett et Newton. BF. 352557, 8 mars 1905 (perfectionnements aux roues magnétiques). — Gale et Davenport. USAP. 790822, 7 mai 1904 (avertisseur d'incendie). — General electric Company. BP. 10459 et 13569, 1904 (contrôleur). — Gianoli. BF. 349906, 10 mai 1904 (distributeur de courant à haute tension pour moteurs). — Hertzog. USAP. 786809, 25 avril 1904 (commutateur automatique de sûreté pour ascenseur). — Kapsch et Söhne. DRP, 160445, 9 juillet 1904 (relais). — Kohler. DRP. 161422, 15 nov. 1902 (commande pour deux moteurs). — Liess, USAP. 790303, 13 nov. 1903 (avertisseur contre le vol). — Long. BP. 20351, 1904 (commande électrique). — Magneta. BP, 13686, 1904 (horloge électrique). — Milch. USAP. 789442, 24 oct. 1902 (contrôleur pour moteur à courant alternatif). — Miler. USAP. 786912, 9 avril 1903 (alarme contre voleurs). — Moore. USAP. 790450, 19 juillet 1904. — Napier. USAP. 789754, 6 janvier 1904 (contrôleur). — Reich. DRP. 161034, 25 août 1904 (contrôleur). — Roberts et Robinson. USAP. 790753, 19 mars 1904 (sonnerie électrique). — Rung et Dan La Cour. DRP. 161067 et 161681, 31 mai 1903 (relais électrostatique). — Schonberg. BP. 3371, 1905 (horloge électrique). — Somes. USAP. 791376. 28 janv. 1904 (bâton lumineux pour policeman). — Staehle. USAP. 791113, 10 fév. 1904 (ouverture électrique des portes). — Stauffer. USAP. 789572, 1er sept. 1904 (contrôleur pour moteurs électriques). — Stein (J.) et Stein (A.). USAP. 790267, 22 juin 1904 (horloge électrique). — Stock et Cie. DRP. 161421, 3 sept. 1904 (relais électromagnétique). — Summers. USAP. 789769, 5 juillet 1904 (relais). — Taylor. USAP. 791116, 17 oct. 1904 (contrôle des machines synchrones). — Wagner. BP. 11633, 1904 (commande électrique pour linotype). — Warder. USAP. 790541, 26 sept. 1904 (contrôleur pour moteurs électriques). — Weibel. DRP. 161645, 9 août 1904 (commande à distance des machines à écrire). — Wilhelmi. BP. 9969, 1904 (ascenseur électrique). — Zeeh. DRP. 161364, 25 mars 1904 (horloge électrique).

Signaux : Adams. USAP. 789702, 13 fév. 1904 (signal pour chemin de fer). — Button. USAP. 791003, 12 août 1904 (signal pour block-système). — General Electric Company. BP. 11704, 1904 (signaux pour chemins de fer). — Hart. USAP. 786894, 14 août 1901 (signal pour chemin de fer). — Hewett. USAP. 790838, 11 août 1904 (système complet de signaux pour chemins de fer). — Holmes. BP. 29532, 1904 (signaux). — Murphy. USAP. 791429, 31 août 1904 (signal pour block-système). — Pettey. USAP. 789626, 27 janvier 1905 (signal électrique pour machines à feu). — Robinson et Broadhurst. USAP. 786843, 3 oct. 1903 (signaux). — Saurman. USAP. 790320, 8 oct. 1904 (signal pour chemins de fer). — Starkey. USAP. 791114, 6 fév. 1905 (signal). — Tatum. USAP. 791228, 2 sept. 1904 (signal pour chemin de fer). — Timmis BP. 10962, 1904 (signaux). — Wilson. USAP. 789778, 13 sept. 1904 (signal). — Young et Towsend. USAP. 790095 (signal électrique).

TRACTION.

Les nouvelles locomotives électriques de la Valteline, par KOROMZAY, de Budapest (*Revue générale des chemins de fer et tramways*, mars 1905, p. 180 à 193). Le service a commencé le 15 octobre 1902 avec 10 voitures motrices, pour le trafic voyageurs et 2 lomotives destinées au trafic marchandises. Ces dernières n'étaient construites que pour une seule vitesse de 32 km : h et par suite ne comportaient pas le groupement en cascade appliqué seulement aux locomotives qui marchent normalement à 64 km : h, mais peuvent marcher en cascade à 32 km : h (en pratique on ne se sert de ce groupement que pour les démarrages et les arrêts). Le 20 mars 1903, la maison Ganz a reçu la commande de 3 nouvelles locomotives destinées à faire indifféremment le service des voyageurs à 64 km : h et le service des marchandises à 32 km : h. Ces 3 locomotives qui viennent d'être livrées comportent le montage pour la marche (normale cette fois) à demi-vitesse; elles présentent les particularités suivantes, dont quelques-unes ont été déjà signalées ici (t. II, p. 208 et suiv.; Rapport de M. Niethammer, et t. III, p. 250) :

Le châssis repose, suivant une disposition adoptée déjà sur de nouvelles locomotives à vapeur des chemins de fer de l'Adriatique, sur 5 paires de roues, dont 2 petites indépendantes aux extrémités et 3 grandes couplées au milieu. La liaison entre les 2 moteurs électriques et les essieux est curieuse : elle s'effectue par manivelles et bielles afin de pouvoir utiliser pour toute la partie utile des moteurs tout l'espace compris à l'intérieur des châssis; les bagues collectrices des moteurs ont même été reportées à l'extérieur des brancards de châssis pour gagner de la place. Chacun des 2 moteurs est double, de façon à permettre le groupement en cascade des 2 parties; sur l'arbre du secondaire mobile du moteur principal est monté le primaire du moteur auxiliaire, dont le secondaire est fixe. Le secondaire mobile du moteur principal est relié par 3 bagues aux touches d'un rhéostat de démarrage, actionné par l'air comprimé qui sert également à relever les 2 perches de prise de contact. Chaque moteur double a une puissance normale de 400 chevaux, pouvant facilement être portée à 600 chevaux pendant 1 heure et 800 chevaux pendant une courte durée. L'effort moteur normal est de 3500^{kg} à 64 km : h et de 6000^{kg} à 32 km : h.

Ces locomotives, de 11^{m},59 de long, pèsent 62 tonnes dont 42 de poids adherent, et ont pu développer aux essais un effort de traction de 10000^{kg} à 12000^{kg} sans aucun patinage des roues. La locomotive à vapeur compound des chemins de fer de l'Adriatique, exposée en 1900, qui avait également 42 tonnes de poids adhérent et pesait au total 57,6 tonnes sans tender et 82 tonnes avec son tender, ne peut développer, comme effort maximum la jante des roues, que 6900^{kg}, c'est-à-dire que son facteur d'adhérence est bien plus faible.

Ces locomotives ont rempli largement, aux essais, les conditions imposées. En palier on a atteint la vitesse de 64 km : h en 110 secondes avec un train de 250 tonnes et la vitesse de 32 km : h en 55 secondes avec un train de 400 tonnes On a démarré plusieurs fois un train de 250 tonnes sur une rampe de 20 pour 100, avec une consommation de 200 ampères sous 3000 volts. Pour remorquer un train de 270 tonnes à 64 km : h sur une rampe de 10 pour 100, on a consommé 150 à 160 tonnes. On a remorqué des trains de marchandises de 460 tonnes à 32 km : h. La résistance à la traction a été trouvée égale à 2,8 kg : t à la vitesse de 32 km : h et à 6 kg : t à la vitesse de 64 km : h, tandis qu'elle atteint, à la même vitesse, un chiffre au moins double avec une locomotive à vapeur, à cause des frottements considérables des pistons et des tiroirs contre les parois qu'elles touchent.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ADAMS. USAP. 791103, 19 mai 1904 (commutateur pour télégraphe). — ARMSTRONG et OHLING. BP. 7044, 1904; BF. 352658, 23 mars 1905 (appareil électrocapillaire). — DELANY. USAP. 790193, 30 juin 1902 (télégraphe). — GILMORE. USAP. 791413, 29 janvier 1902 (transmetteur). — ISAAC. BF. 351375, 8 février 1905 (perfectionnements aux appareils télautographes). — MAMBRET. BF. 352546, 1 février 1905 (appareil télautographe). — SIEMENS-SCHUCKERT. BF. 352461, 17 mars 1905 (protection de lignes télégraphiques). — TRUMP (VAN). USAP. 786925, 4 avril 1904 (télégraphe et téléphone sur les fils de trôlet. — *Télégraphie sans fil :* ARTOM. DRP. 161172, 7 mars 1903; BF. 351795, 24 février 1905 (perfectionnements dans les appareils pour la télégraphie sans fil). — BRAUND. USAP. 790179, 4 novembre 1904 (télégraphie sans fil). — HOWORTH. BP. 25610, 1904 (télégraphie sans fil). — LALANDE et FRASSIER. BF. 351773 et 352320, 23 février et 11 mars 1905 (système de synchronisation applicable aux récepteurs de télégraphie sans fil et relais multiple pour commandes à distance sans fil). — LYON. USAP. 789618, 21 novembre 1903 (transmetteur et cohéreur). — STONE. BP. 25643 et 25646, 1904 (télégraphie sans fil).

Téléphonie : ANDERSEN. BF. 352372, 14 mars 1905 (appareil de communication mutuelle par signes écrits entre postes téléphoniques). — ARCHER. USAP. 790812, 15 oct. 1903 (commutateur). — ARNOLD. BF. 351926, 1er mars 1905 (système de photophonie). — ATWOOD. USAP. 790548, 18 juin 1904 (annonciateur). — BASCOM. USAP. 790550, 12 sept. 1904 (téléphone). — BEAVER. USAP. 790814, 7 déc. 1901 (commutateur multiple). — BINES. BF. 351896, 351897 et 351898, 25 fév. 1905 (appareils téléphoniques). — BUELL. BP. 1878, 1905 (téléphone). — CAMPBELL. USAP. 790103, 25 juillet 1903 (annonciateur et jack). — CLAUSEN. USAP. 789716, 20 août 1902 (transmetteur). — DOYE. DRP. 161680, 27 nov. 1904 (téléphone). — FAUCON. BF. 352390, 2 mars 1905 (appareil microbicide de récepteur téléphonique). — GAIL. USAP. 790428, 7 juillet 1904 (transmetteur). — GALLY. BP. 3323, 1904 (téléphone). — GEYERMAN. BF. 352004, 2 mars 1905 (téléphone). — GRIESBERG. DRP. 161064. 11 déc. 1903 (commutateur). — HARVESTON et MUDGETT. USAP. 790684, 16 déc. 1904 (attache pour transmetteur). — HUBINGER. USAP. 786901, 18 avril 1904 (téléphone). — LUNDQVIST. BF 352154, 7 mars 1905 (bureau central téléphonique). — MAJORANA. BF. 352133, 6 mars 1905 (microphone électro-hydrodynamique). — MAURING. USAP. 789985, 14 juill. 1902 (interrupteur). — MASON. USAP. 789748, 11 fév. 1905 (code de signaux). — MIX et GENEST. DRP. 161123, 161749, 161750 et 161751, 28 mai et 6 sept. 1904 (appel et microphone). — POMEROY. BF. 351783, 27 janv. 1905 (système de répertoire téléphonique). — ROBERTS. USAP. 790854, 8 mai 1902 (téléphone). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 160444, 15 nov. 1903 (commutateur); BP. 2266, 1905 (téléphone). — STOCK et Co. DRP. 161612, 20 juil. 1904 (essai des conducteurs téléphoniques). — SWEENEY (MAC). 789559, 4 nov. 1904 (attache pour téléphones). — TARIEL. USAP. 790603, 30 juin 1904 (microphone). — TELEPHON BERLINER. BF. 351867, 28 fév. 1905; BP. 6865, 1905 (microtéléphone). — THE DIRECT LINE GENERAL TELEPHON C^{o}. BF. 352048, 4 mars 1905 (circuits métalliques pour transmissions téléphoniques). — URNHEIM. DRP. 160535, 17 mars 1904 (commutateur). — VOIGT et HAEFFNER. DRP. 160558, 6 avril 1904 (relais). — WRIGHT. USAP. 790241, 12 mai 1904 (parleur hygiénique). — *Téléphonie sans fil :* PANSA. BF. 349388, 4 nov. 1904 (appareil destiné à la transmission sans fil des messages téléphoniques, télégraphiques et de l'écriture autographe).

ÉCLAIRAGE.

La lampe à vapeur de mercure « Uviol », par le Dr Axmann (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 627, 6 juillet 1905). — Ce nom, abréviation de ultra-violet, sert à caractériser la qualité essentielle du verre qui constitue l'enveloppe de se laisser facilement traverser par les rayons extrêmes du spectre. Avec le verre *Uviol* de MM. Schott et Genossen, d'Iéna, le spectre de l'arc au mercure s'étend jusqu'à la longueur d'onde 253μμ; la lampe en quartz de Heräus donne bien des longueurs d'onde jusqu'à 220μμ, mais il est difficile à travailler et coûte très cher. Le nouveau verre *Uviol*, au contraire, se prête aux mêmes manipulations que le verre ordinaire, son prix est très abordable et, de plus, il laisse passer assez des rayons violets et ultraviolets, dont l'arc au mercure est si riche, pour que cette lampe soit adoptée dans les cliniques où l'on s'occupe du traitement de certaines affections de la peau par la méthode de Finsen. Le tube a de 45cm à 130cm de longueur; il est pivoté sur un curseur mobile le long d'une règle verticale. Il fonctionne à 110 et 220 volts, en absorbant 2 à 4 ampères. L'intensité lumineuse de l'arc est de 800 bougies Heffner, ce qui correspond à une dépense de 0fr,20 à 0fr,25 par heure; on a, en plus, le bénéfice des rayons ultra-violets.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc : *Lampes :* Bermudez. BP. 16985, 1904. — Carbone. BP. 3433, 1905. — Donell (Marc). USAP. 786231, 5 janv. 1905. — Ganz et Cie. BP. 8693 et 8694, 1904. — General electric Company. BP. 257, 1905. — Mure. BF. 349513, 24 déc. 1904. — Foster, Grote et Ely. BP. 7610, 1904. — Rosemeyer. BF. 350897, 9 janv. 1905 (lampe à arc en vase clos). — Winkler. BP. 11650, 1904. — *Charbons :* Blondel. BF. 350828, 16 janv. 1905. — Dempster. BP. 7299, 1904. — Fleming. BP. 12247, 1904. — Weedon. BP. 26921, 1904.

Éclairage par incandescence : *Lampes à filament :* Bastian. BP. 5892 et 9718, 1904 (lampes électriques). — Beebe. USAP. 786257, 14 mai 1900 (chauffeur pour lampes Nernst). — Blackburn. USAP. 787428, 6 janv. 1904. — Davis. USAP. 783509, 8 mars 1899 (lampe à filament genre Nernst). — Francis. BF. 350707, 11 janv. 1905. — General electric Company. BP. 9658, 1904. — Grœtzer et Ipsen. DRP. 160885, 6 déc. 1903. — Internationale Bœhmlicht. DRP. 159241, 25 déc. 1902 (lampe à incandescence avec conducteurs de seconde classe). — Parker. USAP. 788493, 5 avril 1904. — Rees. BP. 8477, 1904. — Suter. BP. 2939, 1904. — Winkler. BP. 11649, 1904. — *Lampes à vapeur :* Davey. USAP. 785157, 27 juin 1905 (lampe à vide). — General electric Company. DRP. 160241, 11 mars 1904 (allumage de lampes à vapeur de mercure). — Kruh. BP. 27011, 1904. — Thomas. USAP. 783483, 7 fév. 1903 (dispositif d'allumage de lampes à vapeur). — *Accessoires :* Baillard. USAP. 785997, 28 mai 1902 (socle). — Bayer. USAP. 784775, 21 juin 1901 (socle). — Firley. BF. 349440, 23 déc. 1904 (interrupteur automatique pour lampes électriques). — Frey. BP. 29307, 1904 (commutateur pour lampe à incandescence). — Mebane. USAP. 785626, 30 avril 1904 (socle). — Cooper Hewitt. DRP. 158760, 19 janv. 1904 (régulateurs pour lampes électriques à gaz ou à vapeur). — Lux. USAP. 778984, 10 juin 1904 (interrupteur pour lampe à incandescence). — Marshall. USAP. 783295, 26 nov. 1904 (socle). — Norden. USAP. 781351, 9 mars 1904 (socle). — Patterson. USAP. 780523, 6 avril 1904 (contact pour lampes électriques portatives). — Perkins. USAP. 781226, 31 oct. 1904 (socle). — Weeks. USAP. 783737, 30 juin 1903 (candélabre). — Wilkinson. USAP. 778618, 29 avril 1904 (support pour lampes à incandescence).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Sur le raffinage électrolytique du plomb en solution fluosilicique, par Hans Senn (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XI, p. 229, 14 avril). — Le procédé A. Bett consiste à prendre une solution de fluosilicate de plomb additionnée d'un peu de gélatine. Le plomb électrolysé n'affecte pas alors, comme ordinairement, la forme de plomb spongieux ou encore d'aiguilles ou de feuilles, mais donne un précipité uniforme et cohérent.

L'auteur a entrepris une longue étude de ce procédé. Dans une première partie, il examine l'influence des différents facteurs sur la forme du dépôt cathodique en employant soit la solution de Bett renfermant 6 pour 100 de plomb et 11 pour 100 d'acide fluosilicique en excès, soit d'autres solutions. Voici les résultats de cette première partie de recherches : 1° En solution d'acide fluosilicique, on réussit à raffiner soit le plomb, soit le cadmium en produisant à la cathode des plaques métalliques d'une cohésion suffisante. — 2° En additionnant l'électrolyte de gélatine, on évite la formation de cristaux uniques ou d'arborescences à la cathode. — 3° Lorsqu'on augmente la dilution de l'électrolyte ou la densité du courant, le dépôt perd de ses qualités. L'addition de gélatine améliore toujours le dépôt. — 4° Les conditions les plus favorables pour la séparation du plomb ou du cadmium sont les suivantes : teneur en acide fluosilicique libre environ 11 pour 100; teneur en métal 4 à 8 pour 100 pour le plomb et 2,5 pour 100 pour le cadmium; densité de courant 0,5 à 1 ampère par décimètre carré. Addition de gélatine 0g,3 par litre pour le plomb et 0g,1 par litre pour le cadmium.

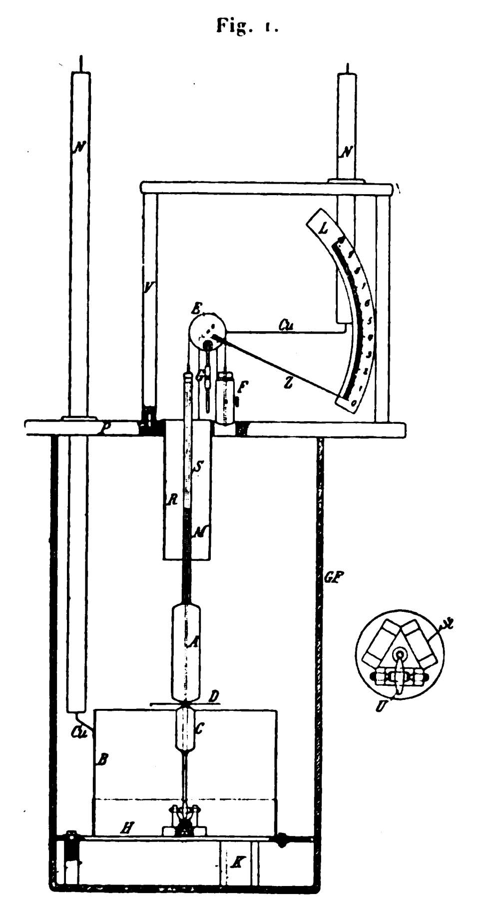
Dans une deuxième partie, l'auteur se place au point de vue de la séparation des impuretés de l'anode. L'électrolyte renfermait ici 9 pour 100 de plomb et 11 pour 100 d'acide fluosilicique libre, avec addition de 0g,1 de gélatine par litre. Les résultats de ces recherches sont les suivants : 1° En solution fluosilicique, on peut obtenir, par raffinage électrolytique, du plomb pur en partant d'un alliage de plomb-cuivre renfermant le maximum de cuivre qui peut se dissoudre dans le plomb, en employant une densité de courant de 0,5 à 1,5 ampère par décimètre carré. Les boues anodiques renferment encore 10 pour 100 de plomb. — 2° Un alliage de plomb ou de bismuth renfermant 12 pour 100 de bismuth donne également du plomb pur avec une densité de courant de 0,5 à 1,5 ampère par décimètre carré, tandis qu'il reste encore 20 pour 100 de plomb dans les boues anodiques. Si l'on augmente à 26 pour 100 la teneur en bismuth, on ne réussit l'affinage comme précédemment qu'en descendant la densité de courant à 0,5 à 1 ampère par décimètre carré. Avec une densité plus élevée on dissout du bismuth à l'anode et l'on en dépose à la cathode. — 3° Les alliages de plomb-antimoine à 10 pour 100 de ce dernier métal ne donnent du plomb pur qu'à condition de ne pas dépasser 0,5 à 1 ampère par décimètre carré et il reste 30 pour 100 de plomb dans les boues anodiques. Avec une densité de 1,5 ampère par décimètre carré on dissout l'antimoine à l'anode et on le sépare à la cathode. — 4° Les alliages plomb-platine à 10 pour 100 de platine donnent à la cathode du plomb pur et à l'anode une boue qui consiste en cristaux de $PtPb^2$. — 5° Pendant le raffinage électrolytique des alliages de plomb, il se produit sans cesse une décomposition de l'électrolyte et à l'anode, le $PbSiFl^6$ se décompose en SiO^2 et $PbFl^2$ qui passent dans les boues. — 6° Le rendement en quantité à la cathode atteint en moyenne 98 pour 100; le rendement à l'anode, en considérant la quantité de plomb entrant en solution, atteint un peu plus de 10 pour 100 en employant du plomb pur par suite d'une lente consommation de l'acide fluosilicique libre dans l'électrolyte.

L. J.

MESURES ET ESSAIS.

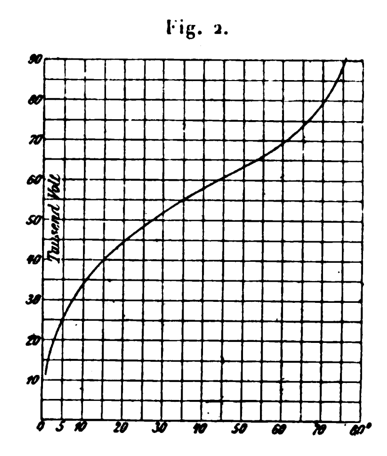
Voltmètre électrostatique pour hautes tensions, par le professeur GRAU, de Vienne (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 269, 23 mars 1905). — L'électromètre décrit est construit pour mesurer jusqu'à 90 000 volts. Il se compose d'un cylindre métallique B (*fig.* 1), fixé à un

Fig. 1.



disque de verre H, qui repose lui-même sur trois pieds de stabilite K, placés au fond d'un vase de verre GF. Le cylindre B a 20^{cm} de diamètre et une hauteur de 14^{cm}. — La partie mobile est formée essentiellement par un tube de laiton mince A, ayant 3^{cm} de diamètre et une hauteur de 11^{cm}; ce tube est fermé par deux calottes hémisphériques. Au-dessous du tube A, et séparé de lui par un disque en mica D, est un cylindre de plomb C, pesant environ 200^{g}. Une baguette de verre fixée au-dessous de C prolonge le système et sert à le guider; à cet effet, elle passe au travers du disque de verre H et elle est maintenue par trois galets d'ivoire montés sur des supports isolants en verre, porcelaine ou stabilite. — Le cylindre A est suspendu par un fil métallique S, entouré de verre ou de mica; le fil se prolonge en haut par un léger ressort métallique qui s'enroule sur la poulie E; un contrepoids F, suspendu à l'extrémité libre du ressort, équilibre le système. Un index Z, solidaire de E, indique sur un cadran non métallique L les déplacements de A et les voltages correspondants. Un petit contrepoids G sert à régler la sensibilité. Une des bornes est reliée, par un fil de cuivre, au cylindre B, l'autre est reliée au système mobile. Les fils de connexion sont recouverts de tubes de mica de 10^{mm} d'épaisseur. Le vase GF est rempli d'huile de résine pour éviter les décharges entre les électrodes. Le disque D sert à amortir les oscillations, grâce à lui le mouvement est apériodique. Toute la partie supérieure est enfermée dans une boîte en ébonite; une glace placée devant le cadran permet de lire les indications de l'appareil.

Fig. 2.



La capacité de cet électromètre est environ 0,0001 microfarad. La figure 2 montre la loi des déviations. H. A.

Méthode différentielle pour mesurer les faibles résistances, par H. HAUSRATH (*Ann. der Physik*, t. XVI, p. 134-148, janvier 1905). — Cette méthode est une modification de la méthode différentielle de Kohlrausch. Les extrémités de la résistance à mesurer sont reliées chacune à l'une des bornes de l'un des circuits du galvanomètre différentiel : les autres bornes à deux points d'un rhéostat placé en dérivation sur le circuit principal. M. L.

Bolomètre pour la mesure absolue de la radiation, par H.-L. CALLENDAR (Communication faite à la séance du 19 mai de la Physical Society, de Londres, *Electrician*, t. LV, p. 216, 26 mai). — La méthode la plus correcte pour déterminer l'énergie apportée par une radiation consiste à mesurer l'élévation de température qui en résulte, puis à chercher quelle quantité d'énergie électrique est nécessaire pour produire la même élévation. Deux procédés peuvent être utilisés pour réaliser cette méthode : le procédé thermo-électrique et le procédé bolométrique. Dans ce dernier, proposé par Kurlbaum, la variation de température produite par la radiation ou par le courant électrique est mesurée par la variation de résistance du bolomètre; c'est de beaucoup le procédé le plus exact et le plus sensible. Dans sa communication M. Callendar met en évidence les avantages de ce procédé et indique quelques perfectionnements de détail qu'il y a apportés.

Sur l'influence possible de la température sur les étalons d'inductance, par H. TAYLOR (Communication faite à la séance du 21 avril de l'American physical Society; *Physical Review*, t. XX, p. 394, juin). — L'auteur a étudié un étalon du type Ayrton-Perry, constitué par deux bobines enroulées sur deux montures sphériques et concentriques en acajou. Il craignait que, sous l'influence des variations de température, il n'y ait déformation des montures et, par suite, variation de l'inductance mutuelle. Les résultats de ses mesures ont montré que cette crainte n'était pas fondée et que, au moins pour l'étalon étudié et probablement pour tous ceux du même type, la variation de l'inductance est inférieure à $\frac{1}{40000}$ par degré centigrade.

DIVERS.

Absorption sélective des réseaux de résonateurs, par Cl. SCHAEFER (*Ann. der Physik*, t. XVI, p. 106-115, janvier 1905). — L'absorption des ondes électriques dans un réseau formé d'un petit nombre de résonateurs est représentée, en fonction de la longueur d'onde, par une courbe symétrique par rapport à son maximum. Elle croît avec le nombre des résonateurs, mais sans que le maximum se déplace. — Si l'on a deux réseaux formes d'un nombre assez grand de résonateurs (de 20 à 70), dont l'un est déduit de l'autre en augmentant dans un rapport constant l'écartement des résonateurs, les maxima des deux courbes sont déplacés l'un par rapport à l'autre. Ce déplacement peut se produire du côté des grandes longueurs d'onde ou du côté opposé. La modification du réseau influe à la fois sur la capacité et la self-induction, en sens contraire. *A priori*, on ne peut donc savoir quel sera le sens de la modification résultante, qui sera ou une augmentation ou une diminution de la période propre, suivant les cas. M. L.

Effets galvano- et thermomagnétique transversaux dans divers métaux, par H. ZAHN (*Ann. der Physik*, t. XVI, p. 148-166, janvier 1905). — Dans tous les métaux étudiés (iridium, platine, palladium, cuivre, argent, zinc, acier, laiton, maillechort), les coefficients de l'effet Hall et de l'effet thermomagnétique sont de signe contraire. Le signe de ces deux coefficients est pour l'iridium contraire à leur signe pour les autres métaux du groupe du platine.
M. L.

Qu'est-ce qui reste constant dans un aimant permanent, par R. GANS et R.-H. WEBER (*Ann. der Physik*, t. XVI, p. 172-178, janvier 1905). — **Recherches expérimentales sur la question**, par R.-H. WEBER (*Ibid.*, p. 178-188). — Si la perméabilité d'un aimant d'acier est indépendante des variations de la réluctance extérieure, la constance de l'aimantation entraîne celle de la force magnétomotrice.

Pour résoudre la question par l'expérience, on dispose un circuit magnétique comprenant un aimant en fer à cheval et deux pièces polaires. Entre les pôles de l'aimant sont ménagés deux entrefers de largeur variable; entre les deux pièces polaires, un entrefer dont la largeur est maintenue constante. Dans ce dernier est disposée une bobine pour la mesure du flux d'induction. La force magnétomotrice reste constante quand la diminution de réluctance est liée à des variations du champ ne dépassant pas 15 pour 100. Pour des variations plus importantes, les expériences ne permettent pas d'affirmer cette constance. Le flux magnétique extérieur n'est pas constant quand l'aimant n'est pas saturé.
M. L.

Construction simplifiée des machines à influence multipolaires et méthode de calcul; machine à haute fréquence, par H. WOMMELSDORF (*Annalen der Physik*, t. XVI, p. 338-349, février). — Le débit d'une machine à influence croît avec le nombre de pôles. En reliant métalliquement tous les secteurs homologues d'un plateau, c'est-à-dire ceux qui au même instant sont dans le même état de polarisation, une machine multipolaire n'exige pas plus de balais qu'une machine bipolaire. Le débit, pour une différence de potentiel déterminée, varie avec l'écartement angulaire de deux secteurs consécutifs. On construira une courbe caractéristique ayant pour abscisse l'écartement angulaire et pour ordonnée le débit. Ces courbes montent d'abord assez rapidement, puis présentent un palier horizontal et tombent brusquement. Le palier est d'autant plus court que la différence de potentiel est plus élevée, et finit par se réduire à un sommet.

Si le palier horizontal est long, c'est que la surface des plateaux n'est pas entièrement utilisée et il convient d'augmenter le nombre des pôles. Pour déterminer le nombre de pôles le plus favorable, on construit la caractéristique correspondant à la différence de potentiel demandée, pour la machine bipolaire. On place le premier inducteur dans la position qui correspond à l'abscisse de l'extrémité initiale du palier. On construira la caractéristique correspondant au deuxième inducteur : le point de contact de cette courbe avec la première donnera la position de ce deuxième inducteur. On continuera ainsi pour les inducteurs suivants, jusqu'à ce qu'on ait utilisé toute la demi-circonférence du plateau.

On peut réaliser une machine de haute fréquence de la manière suivante :

On dispose deux séries de plateaux alternativement fixes et mobiles : dans l'épaisseur de ces plateaux sont noyés des secteurs métalliques. Tous les secteurs des plateaux fixes, situés sur une même parallèle à l'axe de rotation, sont reliés métalliquement entre eux : de même tous les secteurs des plateaux mobiles, par des tiges suivant l'arbre (comme les lames des collecteurs). Les tiges des plateaux mobiles sont reliées alternativement à deux bagues montées sur l'arbre; celles des plateaux fixes alternativement à deux conducteurs isolés. Ces derniers sont reliés respectivement aux deux pôles d'une machine à influence (machine excitatrice), qui peut être montée sur le même arbre. Les secteurs fixes sont alors électrisés de deux en deux de la même manière. Ils agissent par influence sur les secteurs mobiles qui leur font face et l'électricité de nom contraire est rejetée dans les bagues et de là dans le circuit extérieur relié aux balais.

Avec 30 secteurs, et une vitesse de 2000 t : m, on réalise une fréquence égale à 1000.

Une telle machine peut être employée dans le transmetteur d'une station de télégraphie sans fil. Reliée à un circuit de self-induction bien choisie, formant le primaire d'un transformateur Tesla dont le secondaire est à la base de l'antenne, elle tient lieu de la bobine d'induction, des condensateurs, et l'exploseur fait aussi partie de la machine. M. L.

Tubes à hélium comme indicateurs d'onde électrique, par E. DORN (*Annalen der Physik*, t. XVI, p. 784-789, avril). — Les tubes à hélium raréfié sont plus sensibles que les tubes de Warburg (tubes avec sodium électrolytique). Placés sur deux fils parallèles dans la région d'un ventre de vibration, ils réagissent aisément et leur luminescence est visible à lumière du jour atténuée ou à la lumière artificielle, même assez vive. La forme la plus commode est celle des tubes de Plücker avec une seule électrode, la pression étant de 3mm à 5mm, les tubes cylindriques avec une électrode sont les plus sensibles de tous.

Le néon et le crypton sont également très sensibles, mais leur luminescence est beaucoup moins vive que celle de l'hélium. M. L.



BIBLIOGRAPHIE.

Steam turbines, par A. STODOLA, professeur au Polytechnicum de Zurich. Traduction anglaise par L.-C. LOEWENSTEIN d'après la seconde édition allemande. 1 vol. relié, format $23^{cm} \times 16^{cm}$, 434 p., 241 fig. Archibald Constable and Company, éditeur, Londres. Prix : 21 schillings (26^{fr}, 50).

Bien que l'étude théorique des turbines à vapeur ait été poussée très loin en France, en particulier par les belles recherches de M. Rateau publiées dans la *Revue de Mécanique*, la littérature technique française est encore extrêmement pauvre en ouvrages sur ce sujet; nous possédons bien quelques traités de vulgarisation fort intéressants pour les consommateurs de force motrice qui peuvent y trouver des renseignements capables de guider leur choix entre les types nombreux de turbines à vapeur actuellement sur le marché, mais nous n'avons pas jusqu'ici d'ouvrage d'ensemble à la fois théorique et descriptif destiné spécialement aux constructeurs. Le livre de M. Stodola, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, ayant été écrit principalement pour l'ingénieur-constructeur, nous croyons donc appeler l'attention de nos lecteurs sur la traduction anglaise qui vient de nous être donnée d'après la seconde édition allemande publiée l'an dernier.

Deux Parties sont consacrées à l'étude théorique de la turbine à vapeur; la première, assez courte (42 p.), est un exposé aussi élémentaire que possible des lois générales des fluides élastiques qui sont utilisées pour l'explication du fonctionnement de la turbine; la seconde, moins élémentaire et plus longue (98 p.), traite le sujet au point de vue thermodynamique.

Avec la troisième Partie (80 p.), l'auteur aborde le côté pratique de la question en étudiant la construction des parties essentielles d'une turbine, construction délicate par suite des grandes vitesses angulaires mises en jeu dans ce genre de moteur et qui exige un calcul très serré des formes et sections à donner aux matériaux.

La description des divers types de turbines actuellement utilisés soit pour la commande des machines dynamos, soit pour la propulsion des navires, forme la matière de la quatrième Partie (109 p.); on y trouve les turbines bien connues de Laval, Parsons, Rateau, Curtis, Zoelly, Riedler-Stumpf, Seger, Schulz, Lindmark, Gelpke-Kugel ainsi que les turbines tout à fait récentes de Fullaga, Dolder et de Parsons à double mouvement.

La dernière Partie est consacrée à l'étude de quelques problèmes spéciaux concernant soit la théorie, soit la construction des turbines; c'est, en quelque sorte, un complément des trois premières Parties.

Enfin, dans un Appendice d'une quarantaine de pages, l'auteur envisage l'avenir des moteurs thermiques en général. On y trouve quelques remarques intéressantes sur plusieurs points de la Thermodynamique (cycle de Carnot, entropie, rendement des moteurs thermiques, etc.), ainsi que quelques considérations très suggestives sur les turbines à gaz. J. B.

L'électricité dans l'industrie minière, par J. IZART, ingénieur civil des Mines. Une brochure, format 24^{cm} sur 16^{cm}, 65 pages, 53 figures, de la Bibliothèque du *Mois scientifique et industriel*. Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : 3 fr.

Nombreuses sont aujourd'hui les applications de l'électricité dans les multiples opérations qu'exige la mise en valeur des gisements miniers. Utilisée dans la prospection, les sondages et fonçages, l'abattage et l'extraction, l'énergie électrique est encore requise pour l'exploitation des services généraux : épuisement, éclairage, signaux. Ce sont ces diverses applications que l'auteur discute et décrit dans les deux premières Parties de sa brochure.

Une troisième Partie est consacrée à l'étude de l'établissement des usines génératrices, sous-stations et canalisations.

Un Appendice, dû à M. L. Goichot, ingénieur aux Mines de Blanzy-Montceau, donne, sous forme de questions et réponses, quelques indications sur les avantages et inconvénients pratiques de l'emploi de l'électricité dans les mines.

Précis de la théorie du Magnétisme et de l'Électricité, par A. NOUGUIER, capitaine d'Artillerie. Un vol. relié, format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 403 pages, 193 fig. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères.

Dans cet Ouvrage l'auteur s'est attaché à exposer clairement et succinctement les connaissances indispensables à l'ingénieur. En se plaçant à ce point de vue spécial il a réussi à réaliser une œuvre ne faisant pas double emploi avec les nombreux Ouvrages généraux d'Électricité que nous possédons aujourd'hui.

Bien que M. Nouguier estime que la méthode classique d'exposition de nos connaissances en Électricité ne soit pas des plus correctes et qu'il pense qu'il faudra la remplacer un jour ou l'autre par une méthode basée uniquement sur le principe de la conservation de l'énergie et sur celui de la moindre action, il n'a pas cru devoir rien innover dans le mode d'exposition, d'une part afin de ne pas dérouter les lecteurs ayant déjà acquis quelques notions électriques suivant la méthode classique, et d'autre part parce que nos connaissances en Mécanique générale ne lui paraissent pas encore suffisamment complètes pour qu'on puisse entreprendre avec fruit une innovation de ce genre. Le plan de son livre ne diffère donc pas de celui que nous sommes accoutumés de rencontrer dans les traités d'Électricité; signalons cependant qu'au lieu de commencer par l'Électrostatique, M. Nouguier débute par le Magnétisme, ce qui lui permet de faire entrer l'étude théorique des champs newtoniens dans une partie où elle reçoit des applications pratiques et de diminuer ainsi l'étendue apparente des notions d'Électrostatique qui n'ont guère, jusqu'ici du moins, reçu d'applications dans l'Électrotechnique. H. P.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Dans sa séance du lundi 3 juillet, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre à la place devenue vacante, dans la Section de Physique, par le décès de M. Potier. Au premier tour de scrutin, M. P. Curie a obtenu la majorité des suffrages et a été proclamé élu.

Cette nomination fait honneur aussi bien à l'Académie qu'à M. Curie. Pour celui-ci, c'est la juste récompense de toute une série de travaux des plus originaux sur divers points de la Physique et, en particulier, de ses recherches, faites en collaboration avec Mme Curie, sur les corps radioactifs, recherches qui devaient aboutir à la découverte du radium et donner à M. Curie, malgré son excessive modestie, une notoriété bien méritée.

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES. — Le Congrès annuel de l'A. F. A. S. aura lieu cette année, ainsi que nous l'avons antérieurement annoncé, à Cherbourg, du 3 au 10 août.

Les 3e et 4e Sections (*Génie civil et militaire*, Navigation), présidées par M. Bertin, membre de l'Institut, directeur du Génie maritime, ont mis à leur ordre du jour diverses questions d'actualité parmi lesquelles : Étude comparée des carburateurs, turbines à vapeur et à pétrole.

La 5e Section (Physique), présidée par le lieutenant de vaisseau Tissot, professeur à l'École navale, discutera les deux questions suivantes : Les phénomènes magnétiques et leur théorie; l'ionisation des gaz de l'atmosphère. La première question a été l'objet d'un rapport de M. Tissot et de M. Maurain, professeur à la Faculté des sciences de Caen; M. Langevin, professeur suppléant au Collège de France, fera un rapport sur la seconde.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — A la séance du vendredi 7 juillet, M. A. Blondel a fait part des résultats de recherches qu'il a entreprises sur l'arc chantant. Nous ne faisons que signaler aujourd'hui cette intéressante communication, nous proposant de revenir plus longuement sur ce sujet dans un prochain numéro.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — Les comptes rendus des trois communications faites à la dernière séance n'ont pu trouver place dans ce numéro; ils seront publiés dans le prochain.

Le Congrès international électrique de Saint-Louis.

La publication des Mémoires présentés à ce Congrès vient d'être terminée. Ces Mémoires, au nombre de 159 et dont la liste a été donnée dans la *Revue électrique* du 30 octobre 1904 (t. II, p. 255), occupent la majeure partie des trois gros volumes qu'il a été nécessaire de consacrer aux travaux du Congrès.

Le premier de ces volumes renferme les rapports de la Commission d'organisation, les comptes rendus des séances générales, ceux de la Chambre des Délégués, la reproduction des Mémoires présentés aux Sections A (Théories générales) et B (Applications générales). Les comptes rendus des trois Sections C, D, E (Electrochimie, Transmission, Eclairage électrique) forment la matière du second volume. Dans le troisième sont réunis les comptes rendus des séances des Sections F, G, H (Traction, Télégraphie et Téléphonie, Electricité médicale) et la liste des membres du Congrès.

Ces trois volumes ne renferment pas moins de 2844 pages et 825 figures ou photogravures; ils ont été publiés par les soins du secrétaire général du Congrès, le professeur Kennelly, et du trésorier, M. Weaver, l'un des directeurs de l'*Electrical World*, qui ont tous deux droit aux mêmes félicitations des congressistes pour la rapidité avec laquelle ils ont effectué cette publication.

D'après la liste des membres inscrits au Congrès, le nombre des congressistes s'est élevé à 2053, auxquels il faut joindre 216 gouvernements ou sociétés. Les Etats-Unis figurent pour 1634 membres, l'Angleterre pour 139, l'Italie pour 66, la France pour 46, le Japon pour 39, etc.

La valeur des Mémoires présentés est un peu inégale : il y en a d'excellents, mais, par contre, quelques-uns eussent gagné à n'être publiés qu'en extraits. Leur ensemble n'est donc pas comparable à la magnifique collection des Mémoires présentés au Congrès de Physique de 1900, collection qui restera un monument remarquable, synthétisant les progrès des diverses branches de la Physique au cours du dix-neuvième siècle. Néanmoins et à la seule condition d'opérer quelques éliminations, les *Transactions of the International Electric Congress of Saint-Louis* rendront certainement aux Electriciens les mêmes services que les *Mémoires du Congrès de Physique de Paris* rendent journellement aux physiciens. Aussi nous proposons-nous, bien que les analyses d'une cinquantaine de Mémoires aient déjà été publiées dans cette Revue d'après les épreuves distribuées au moment du Congrès, de profiter de la publication intégrale des travaux de ce Congrès et des discussions qui ont suivi les communications pour revenir sur certains points et compléter ce qui a déjà été dit dans ces colonnes.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Les stations suivantes de télégraphie sans fil appartenant à la marine des États-Unis sont ouvertes au trafic commercial : Portsmouth, N. H., Mass.; Boston, New-York, Cap Cod, Montauk, Navesink, Cape Henry, Dry Tortugas, San Juan (Culebra), Yerba Buena et Mare Island. D'autres stations doivent être ouvertes dans quelques semaines.

Tome IV. **N° 38. — 30 juillet 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

PERFECTIONNEMENTS SUCCESSIFS DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

EMPLOYÉ SUR LES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT PRUSSIEN (APPAREILS BUTTNER ET DYNAMO ROSENBERG).

Jusque vers 1900, tout le matériel des chemins de fer de l'Etat prussien fut éclairé entièrement au gaz d'huile, d'abord seul, puis mélangé avec un quart d'acétylène. C'est seulement sur des réseaux indépendants du sud de l'Allemagne que l'on pouvait voir quelques voitures éclairées électriquement à l'aide d'accumulateurs amovibles rechargés dans des usines fixes.

L'administration des chemins de fer prussiens, après quelques essais insignifiants exécutés de 1890 à 1895, ne s'était plus occupée de l'éclairage électrique qu'elle estimait avec raison trop coûteux et de service trop méticuleux, par le système des batteries isolées [1], le seul appliqué jusqu'alors [2].

Vers 1901, à la suite d'une catastrophe de chemins de fer survenue à Offenbach, près Francfort-sur-Mein, et dans laquelle on avait imputé à la combustion du gaz une part importante des victimes [1], les électriciens allemands jugèrent le moment propice pour tenter d'introduire l'éclairage électrique sur les trains de l'État prussien, à l'aide de dispositifs plus pratiques. Le système autogénérateur Stone pour voitures indépendantes [2], qui était déjà appliqué sur plusieurs

(1) Le même système était employé par l'administration des postes allemandes sur presque tous ses wagons ambulants, au nombre de 1500; mais, pour cette application spéciale, la question d'hygiène est prépondérante et justifie l'usage de l'éclairage électrique, quel que soit son prix de revient.

(2) Il y avait bien en Angleterre un nombre assez important de trains (plus de 500 voitures) éclairés à l'aide d'une dynamo placée dans le fourgon et recevant son mouvement de l'essieu, mais il s'agissait de systèmes datant de 1886 et même de 1882 et qui ne présentaient pas toute la perfection désirable.

(1) Cette assertion fut d'ailleurs vivement combattue par les partisans du gaz et ne put finalement être vérifiée d'une façon certaine. Notre opinion personnelle est que le danger supplémentaire causé par l'inflammabilité et l'explosibilité du gaz est en pratique bien faible.

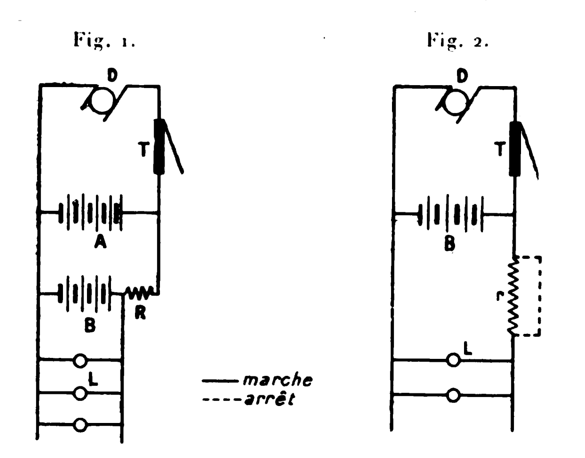
(2) Nous avons décrit ce système en détail dans l'*Éclairage électrique* du 20 septembre 1902, p. 418. Il est robuste et assez simple.

milliers de voitures en Grande-Bretagne, ne fut monté que sur un petit nombre de wagons-postes et de voitures du sud de l'Allemagne. L'État prussien n'en prit qu'un seul équipement, à titre de spécimen, et réserva ses faveurs à un système étudié entièrement en Allemagne, et dans un ordre d'idées tout à fait différent de ce qui avait été conçu jusqu'alors.

Les seuls systèmes donnant à l'époque une régularité suffisante de la lumière étaient des systèmes à deux batteries tels que le Stone, le Vicarino ou le Dick.

Il n'y avait pas à ce moment de systèmes à batterie unique donnant à ce point de vue des résultats vraiment satisfaisants [1]. Depuis, des systèmes à une seule batterie, en nombre assez grand, ont été créés récemment en Europe et en Amérique; ne les ayant pas vus fonctionner, nous ne savons quels résultats ils donnent, mais il est certain que dans tous ces systèmes il est très difficile d'obtenir une tension constante aux lampes. Aussi nous pouvons seulement affirmer que le résultat est obtenu dans les systèmes Küll et Loppé, sur lesquels nous avons pu faire personnellement des mesures; et dans ces deux systèmes on n'est arrivé à une bonne régularité de l'éclairage qu'au prix de complications notables. Dans le système Küll la force électromotrice de la dynamo reste constante et l'on empêche la différence de potentiel aux bornes de la batterie de monter trop haut, en raison de la saturation, en mettant automatiquement hors-circuit la dynamo (c'est-à-dire en ouvrant T) dès que cette différence de potentiel atteint une valeur déterminée à laquelle agit un disjoncteur à solénoïde [1]. Mais la régularité de la lumière dépend ainsi du fonctionnement régulier d'un solénoïde, appareil toujours délicat et sujet à déréglage. Dans le système Loppé, que nous avons décrit en détail dans ce journal [2], la dynamo reste reliée en permanence avec les lampes; on empêche la différence de potentiel aux bornes des lampes de s'élever par le fait de la saturation en maintenant la force électromotrice de la dynamo non plus approximativement, mais parfaitement constante, et en déconnectant les accumulateurs presque aussitôt après le démarrage, de sorte qu'il n'y a plus lieu de prévoir leur saturation. Cette régulation parfaite de la force électromotrice de la dynamo est obtenue automatiquement, mais par l'adjonction

(1) La figure 1 montre le schéma général des systèmes à deux batteries; une batterie A est en pleine charge pendant que l'autre batterie qui alimente les lampes ne reçoit de la dynamo, à cause du rhéostat R, qu'un faible courant. Si la résistance R est réglée de façon qu'au moment du débit maximum de la dynamo, celle-ci vienne en aide aux accumulateurs B, mais ne les charge jamais, c'est-à-dire ne leur fournisse jamais un



courant supérieur à celui consommé par les lampes, la tension aux bornes de la batterie B et par suite des lampes sera de 1,95 volt par élément, en marche, c'est-à-dire aura la même valeur qu'au repos (où la liaison T de l'accumulateur avec la dynamo est coupée) et restera ainsi constante.

La figure 2 indique le schéma général des systèmes à une batterie. Au repos (T ouvert) les lampes sont reliées directement à la batterie, qui donne 1,95 volt de tension par élément; en marche (T fermé) la résistance r est intercalée entre la batterie B et les lampes afin de compenser l'augmentation de tension des éléments. Mais, en admettant même qu'il n'y ait pas de surélévation de force électromotrice de la dynamo, cette tension peut varier entre 2,2 et 2,7 volts par le seul fait de l'état variable de saturation des éléments dont la force contre-électromotrice croît à mesure qu'ils se chargent. Par conséquent, si la résistance r est *fixe*, la tension aux lampes sera loin d'être constante: si l'on règle la résistance r faible et le débit de la dynamo élevé, on aura des surtensions à certains moments; si cette résistance r est réglée forte, on aura des affaiblissements de lumière à d'autres moments; enfin on aura des risques d'épuisement de batterie si l'on règle bas le régime de débit de la dynamo.

(1) L'appareil n'est que disjoncteur et non conjoncteur: le circuit de la dynamo reste coupé jusqu'au démarrage qui suit le premier arrêt. Il faut donc que la batterie ait une capacité assez forte si l'on veut être à l'abri des épuisements.

(2) Voyez *La Revue électrique*, t. I, 30 juin 1904, p. 353.



d'une dynamo auxiliaire qui complique le système puisqu'elle introduit une nouvelle pièce tournante et un second collecteur.

Le Dr Büttner, ingénieur en chef de l'*Accumulatorenfabrik Actiengesellschaft* (Société Tudor de Berlin), de concert avec M. Wittfield, Directeur à la Section des Chemins de fer de l'État prussien, étudia en 1901 un procédé tout à fait nouveau de régulation de la tension aux lampes dans les systèmes à batterie unique. Au lieu de chercher à maintenir constante, soit la force électromotrice de la dynamo, soit la différence de potentiel aux bornes de la batterie B, on laisse varier un peu ces facteurs et l'on compense leur variation par une variation inverse de la résistance r intercalée en série en avant des lampes, résistance qui, dans tous les autres systèmes, est fixe. Cette variation de la résistance d'absorption r est produite automatiquement par un dispositif très ingénieux, consistant simplement en une sorte de lampe à incandescence à filament en fer, dont la résistivité augmente par suite avec la température, et avec la différence de potentiel qui lui est appliquée [1] (cette disposition a été inspirée par l'organe de régulation dénommé *résistance de ballast* dans la lampe Nernst).

En calculant convenablement les dimensions du filament de cette lampe de réglage en fer, le Dr Büttner est arrivé à obtenir, aux lampes en charbon, une tension parfaitement constante, de 48 volts par exemple (ainsi que nous avons pu le constater de visu), lorsque la tension de 32 accumulateurs variait de 62 à 80 volts : la chute de potentiel causée par la lampe de réglage variait automatiquement de 14 à 32 volts en même temps que la teinte du fer devenait plus claire [2]. Le système Büttner a l'avantage énorme de procurer, à l'aide d'une dynamo à régulation approximative, une fixité parfaite de la lumière, sans l'aide d'aucun appareil électromécanique ou mécanique, par le moyen d'un appareil de self-régulation extrêmement simple et *inerte*, dont le déréglage est impossible. L'organe de régulation, n'étant pas compliqué, peut être répété en r_1, r_2, r_3 (*fig.* 3) dans le branchement de chaque lampe L_1, L_2, L_3 qui peut ainsi être éteinte à volonté indépendamment des autres [1]. Il serait d'ailleurs difficile, sinon impossible, de construire une lampe en fer correspondant au débit d'un grand nombre de lampes.

La première application de ce système a été réalisée, en avril 1902, sur le train à intercirculation (Durchgangs ou "D" Zug) faisant tous les jours le service entre Berlin et Sassnitz dans l'île de Rügen, où il correspond avec le paquebot de Suède. (Le voyage aller et retour se faisant en deux jours, il y avait en réalité deux trains aménagés). Dans cette installation, que nous avons visitée cinq mois après sa mise en service [2], le train était éclairé en bloc à l'aide d'une seule dynamo à 75 volts actionnée par une turbine à vapeur de Laval de 15 chevaux, fixée sur le dôme de la locomotive et recevant la vapeur de la chaudière; mais, à cause de l'énorme quantité de lumière fournie dans les compartiments (de 40 à 64 bougies), il y avait une batterie de 32 éléments de 75 ampères-heures sur chaque voiture. Dans ces conditions les accumulateurs n'étaient utilisés comme générateurs isolés que dans les changements de machines (un seul dans le cas particulier) et la dynamo ne subissant aucune variation de vitesse fournissait une tension sensiblement constante sans aucun organe de régulation. Il n'y

---

(1) L'ampoule est remplie d'hydrogène afin d'éviter l'oxydation du fer qui se produirait à l'air; en outre, l'hydrogène étant bon conducteur de la chaleur, permet de pousser le fer à de plus hautes températures que dans le vide, températures élevées où précisément le fer a un coefficient de variation de résistivité extrêmement plus élevé qu'au-dessous du rouge sombre.

(2) On peut se demander alors pourquoi, malgré la présence d'une lampe en fer comme résistance de ballast, la lampe Nernst ne peut pas supporter des variations de tension de plus de 10 pour 100 : c'est simplement parce que, ne voulant pas abaisser le rendement de la lampe Nernst, on ne veut pas consentir à plus de 10 pour 100 de perte dans la résistance de ballast, tandis que, dans l'éclairage des trains par le système Büttner, le courant étant produit par la traction du train, on peut admettre sans difficulté une perte d'énergie de 30 pour 100 dans les lampes de réglage.

(1) Dans les autres systèmes, on éteint souvent toutes les lampes à la fois, ou bien l'on shunte par une résistance les lampes qu'on veut mettre en veilleuse, afin de ne pas apporter dans la consommation totale de la voiture un changement qui troublerait la régulation.

(2) Nous en avons donné la description complète dans *L'Éclairage électrique*, t. XXXV, 18 avril 1903, p. 81. Il en a déjà été dit quelques mots également dans la *Revue électrique*, t. II, 30 novembre 1904, p. 312, à propos d'une communication faite sur ce sujet au Congrès de Saint-Louis.

avait pas besoin non plus d'un conjoncteur automatique pour mettre la dynamo en circuit à une vitesse déterminée, puisque cette vitesse était atteinte dès l'ouverture de la valve de vapeur; c'est le mécanicien qui fermait et ouvrait à la main le circuit de la dynamo à l'aide d'un simple interrupteur; on avait seulement ajouté, par mesure de sûreté, un disjoncteur automatique à minima pour protéger la dynamo contre une décharge des accumulateurs dans le cas d'une chute de pression brusque faisant tomber la force électromotrice de la dynamo au-dessous de celle des batteries. Il n'y avait donc pas non plus à prévoir d'organe inverseur puisque la dynamo tournait toujours dans le même sens. L'installation présentait donc un caractère séduisant de simplicité puisqu'elle ne comportait, en dehors de la dynamo, *aucun organe mobile électrique ou mécanique*. Malheureusement la consommation de vapeur du groupe générateur était très élevée et pouvait causer un déficit gênant dans certains cas où la locomotive a tout juste assez de vapeur pour remorquer son train. Cette difficulté aurait pu être atténuée par l'emploi de moteurs à vapeur autres que les turbines et consommant beaucoup moins de vapeur tout en n'étant guère plus encombrants; mais un inconvénient plus sérieux était l'obligation, pour un seul train de long parcours, de munir d'un équipement générateur assez coûteux autant de locomotives qu'il y avait de changements de machines (ce n'était que deux dans l'express de Suède, mais ce pouvait dans d'autres cas être trois ou quatre) (¹). C'est pourquoi on n'a répété cette disposition qu'une seule fois, sur un train circulant, depuis novembre 1902, entre Berlin et Altona (Hambourg). Dans les applications ultérieures du système Büttner, on a décidé d'employer une dynamo placée dans le fourgon du train et recevant son mouvement d'un essieu, ce qui permet de faire le service avec un seul équipement par train (²).

Une première installation de ce genre a été exécutée en mai 1904, sur un train express du service Berlin-Cologne et sur un train express du service Francfort-Bâle. Sur ces deux trains on a fait usage d'une dynamo de 17 kilowatts (¹) réglée approximativement par un contre-enroulement excitateur compound (en série dans le circuit principal) comme dans les systèmes Vicarino et Dick; l'inversion des connexions du circuit principal suivant le sens de marche est effectuée à l'aide d'un commutateur à main manœuvré par le chef de train (²). Afin d'empêcher des surtensions de la dynamo qui brûleraient les lampes de réglage en cas de fausse manœuvre de ce commutateur, on a (en plus du circuit shunt d'excitation principale et du circuit série de contre-excitation), sur la proposition de M. Wittfeld, ajouté sur les conducteurs de la dynamo un troisième enroulement excitateur indépendant, branché sur les accumulateurs du fourgon et formant, dans le cas de défaut d'inversion du circuit principal, opposition au surcroît d'excitation que donnerait le circuit série. Les accumulateurs étaient divisés, comme dans le train de Suède, en batteries placées sur chaque voiture.

Aussi bien sur les deux voitures saxonnes que sur les deux trains Francfort-Bâle et Berlin-Cologne, on ne trouve pas, comme dans tous les autres systèmes, un conjoncteur-disjoncteur, appareil électrique ou mécanique qui met la dynamo en circuit avec les accumulateurs lorsque, après le démarrage, sa force électromotrice devient un peu supérieure à la force électromotrice des éléments et rompt le circuit de la dynamo lorsque, au ralentissement, sa force électromotrice descend au-dessous de la même valeur.

Le Dr Buttner a imaginé d'utiliser la propriété des soupapes électrolytiques de ne laisser passer

(¹) Sans parler de quelques locomotives de réserve à aménager en plus pour les cas d'avarie de celles faisant le service ordinaire.

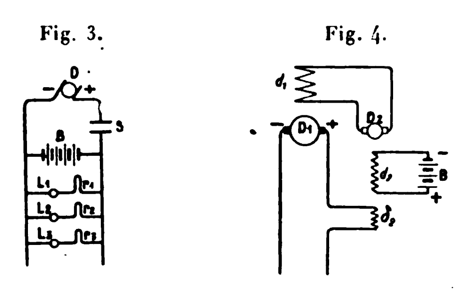
(²) Plus, comme précédemment, quelques équipements pour l'ensemble du service, pour remplacer les fourgons allant en réparation.

(¹) Cette dynamo n'est pas commandée par courroie, mais est montée directement sur l'essieu à la manière des moteurs de tramways, ce qui est plus simple et plus sûr, pour une machine de cette puissance.

(²) Dans une application effectuée également au début de 1904, du système Büttner à deux voitures *isolées* de l'État saxon, on a fait usage de dynamos beaucoup plus petites recevant le mouvement de l'essieu par une courroie. L'inversion des connexions est effectuée automatiquement par une rotation de 180°, d'un porte-balais monté fou, sur l'arbre de la dynamo, dispositif qui fonctionne bien ici, parce que, dans une commande par courroie, l'effort au démarrage est progressif, tandis que, dans la commande rigide par engrenage, les efforts au démarrage et aux arrêts sont trop brusques pour se prêter à un embrayage fou des balais,

du courant que dans un sens déterminé pour empêcher les inversions de courant de se produire, lorsque la force électromotrice de la dynamo, reliée en permanence aux accumulateurs, tombe au-dessous de celle des accumulateurs. Comme le montre la figure 3, cette soupape S est disposée en série entre la dynamo D et l'axe des pôles de l'accumulateur. Le Dr Buttner a breveté un type spécial de soupape, composé de lames d'aluminium plongeant dans une solution d'ammoniaque, de densité 0,94, qui, paraît-il, s'échauffe beaucoup moins vite que les électrolytes ordinaires (1). On complète le liquide du vase tous les sept ou huit jours et on le change lorsqu'on s'aperçoit qu'il s'échauffe; il est bon de le changer également lorsque les voitures ont été immobilisées pendant un certain nombre de jours; lorsque le vase a été rempli de liquide neuf, il ne faut pas le mettre directement en circuit, parce qu'il y a production d'un courant intense pendant quelques instants; on intercale d'abord une résistance que l'on met ensuite en court-circuit à la main.

Fig. 3. Fig. 4.



Ce dispositif est certainement ingénieux et répond au *desideratum* exprimé par M. Wittfeld de n'avoir, pour l'éclairage des trains, aucun organe automatique électrique ou mécanique mobile (en dehors de la dynamo). Mais cette condition nous paraît exagérée : d'après ce que nous avons décrit un peu plus haut, les soupapes électrolytiques employées exigent des précautions spéciales et nous leur préférons les conjoncteurs-disjoncteurs centrifuges (tels que ceux des systèmes Stone ou Küll) qui constituent des appareils robustes, purement mécaniques, et ne demandant pas de soin (nous sommes bien d'avis qu'on évite les conjoncteurs-disjoncteurs électriques à solénoïdes, plus ou moins délicats et sujets à déréglages).

Comme nous l'avons vu précédemment, dans les installations réalisées jusqu'à présent par la Société allemande Tudor et employant les lampes de réglage du Dr Buttner (fabriquées par l'A. E. G.), on n'avait fait usage que de dynamos (fabriquées également par l'A. E. G.) exigeant un appareil inverseur, à main sur les deux trains de l'état prussien, et mécanique sur les voitures isolées saxonnes. Dans le but de supprimer cet appareil, la Société A. E. G. a indiqué, dans un brevet allemand datant de deux ans, l'emploi de quatre soupapes à aluminium groupées en pont de Wheatstone, comme cela avait déjà été fait pour les courants alternatifs par Pollak et d'autres. Mais ce dispositif, à notre avis beaucoup trop compliqué, n'a jamais été appliqué, croyons-nous. Il est d'ailleurs devenu sans intérêt aucun depuis l'invention en 1904 de la dynamo du Dr Rosenberg, adoptée par la Société allemande Tudor et ensuite par la *Société d'éclairage électrique des trains*, qui est seule depuis 1905 à s'occuper de cette question en Allemagne (1) (en dehors de la Société Böse, concessionnaire de Stone).

La dynamo Rosenberg a les propriétés très curieuses de fournir un courant de direction constante quel que soit le sens de rotation de l'induit, et d'être en outre autorégulatrice, c'est-à-dire de donner une tension à peu près constante à toutes les vitesses, de 800 à 2400 tours par minute; elle ne diffère d'une dynamo ordinaire que par l'adjonction de deux balais supplémentaires calés à angle droit des balais ordinaires.

Nous allons montrer d'abord comment cette dynamo peut donner un courant de sens invariable; nous verrons en dernier lieu de quelle manière elle est autorégulatrice. Supposons d'abord que nous ayons une dynamo génératrice à induit D_1 (*fig.* 4) dont l'excitation d_1 en fil fin, au lieu d'être en dérivation sur les balais D_1 et D'_1, est indépendante et alimentée par l'induit D_2 d'une dynamo auxiliaire dont l'inducteur d_2, également à excitation indépendante, est branché

(1) On sait que les soupapes électrolytiques ne fonctionnent plus dès que le liquide s'échauffe, ce qui a lieu généralement très vite, et ce qui a limité jusqu'ici l'emploi de ces appareils.

(1) Nous avons déjà annoncé dans le journal (t. III, 28 février 1905, p. 128) la formation de cette société le 1er janvier 1905, filiale des Sociétés Siemens-Schuckert, Siemens et Halske et Tudor réunies.

2.

aux bornes d'une batterie d'accumulateurs B (nous ne nous occupons pas pour l'instant du circuit à gros fil δ_2). Si les deux dynamos D_1 et D_2 sont montées sur le même arbre, le courant fourni par la dynamo auxiliaire D_2 (dont l'excitation d_2 est de sens uniforme) changera de sens avec le sens de la rotation; par suite, l'excitation d_1 de la dynamo principale changeant de cette façon en même temps que la rotation de cette dynamo principale, on recueillera dans l'induit principal D_1 un courant de sens invariable.

On peut obtenir le même fonctionnement par un montage simplifié comportant une seule dynamo; cette machine, qui réunira la dynamo principale et la dynamo auxiliaire du montage primitif, comprendra un seul enroulement induit et deux systèmes inducteurs décalés de 90° : le premier système inducteur à pôles horizontaux N_2S_2 (*fig.* 5) aura ses bobines verticales $d_2d'_2$ excitées par une batterie d'accumulateurs B et produira par conséquent un flux vertical F_2 de direction indépendante du sens de rotation, flux qui, par conséquent, donnera naissance dans l'induit (à enroulement Gramme ordinaire) à un courant de sens variable que l'on pourra recueillir sous les balais D_2 et D'_2 de polarités variables. Nous nous servirons de ce courant de sens variable pris aux balais $D_2D'_2$ (*fig.* 6) pour exciter les circuits inducteurs $d_1d'_1$ horizontaux des pôles verticaux N'S'; ces inducteurs créeront ainsi un flux horizontal qui, lorsque le sens de rotation variera, aura (d'après ce qui a été vu plus haut) une direction variable et, par conséquent, engendrera dans l'induit D, sous les balais $D_1D'_1$, un courant de sens invariable, que l'on peut utiliser (¹) comme courant principal pour charger la batterie B et alimenter les lampes L.

L'induit est parcouru par deux courants internes en quadrature : un courant passant par le circuit principal de la batterie B et des lampes L, qui parcourt les deux moitiés de l'anneau D entre les balais D_1 et D'_1, et un courant purement d'excitation passant seulement par les inducteurs $d_1d'_1$ et se fermant par les deux moitiés de l'induit entre les deux balais auxiliaires $D_2D'_2$.

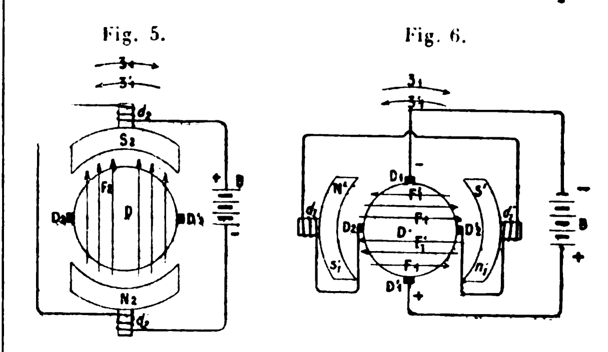


Fig. 5. Fig. 6.

Nous pouvons encore simplifier ce montage en remarquant que (les *fig.* 5 et 6 supposées réunies), pour créer le flux horizontal F_1 ou F'_1, il n'est pas nécessaire d'avoir un système de bobines et de pôles inducteurs $d_1d'_1$ *ns*; on obtient le même résultat en reliant simplement les balais $D_2D'_2$ en court-circuit (¹). On arrive ainsi au schéma très simple de la figure 7. C'est une dynamo ayant la forme générale ordinaire d'un induit D tournant entre deux pièces polaires N_2S_2, mais ces inducteurs ne produisent, suivant leur axe, qu'un champ inducteur auxiliaire F_2; les balais disposés à l'emplacement ordinaire, c'est-à-dire entre les cornes polaires, sont des balais auxiliaires $D_2D'_2$ réunis en court-circuit (qui sont, par conséquent, en quadrature avec la position occupée par les balais $D_2D'_2$ de la dynamo auxiliaire séparée du schéma 4); les balais principaux $D'D'_1$ sont placés à angle droit de la position ordinaire (représentée sur la *fig.* 4), c'est-à-dire dans l'axe des pièces polaires, et le champ magnétique prin-

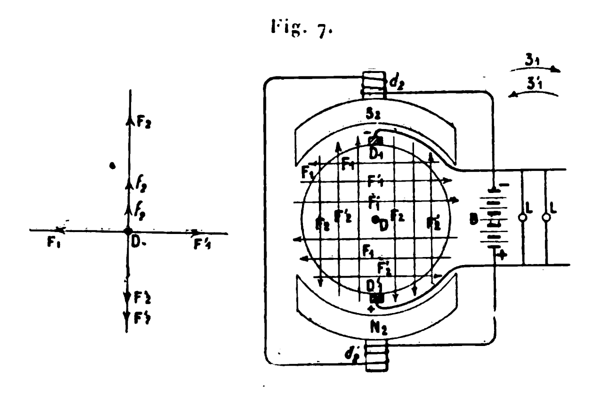
(¹) Nous avons séparé, pour plus de clarté, les deux systèmes inducteurs sur les figures 5 et 6, mais il faut les supposer réunis. Lorsque l'induit tourne dans le sens z_1, le flux F_2 étant invariable, D_2 est négatif et D'_2 positif (*fig.* 5 et 6); le courant de ces balais crée, par les inducteurs $d_1d'_1$ (*fig.* 6), le flux F_1 dirigé vers la droite de N' en S' qui, sous l'effet de la rotation z_1, produit sous les balais D_1 et D'_1 un courant de sens déterminé (D_1 négatif et D'_1 positif).

Si l'induit tourne dans le sens z'_1 (*fig.* 5), le flux F_2 étant invariable, le courant change de sens sous les balais $D_2D'_2$, D_2 devient positif et D'_2 négatif (*fig.* 5 et 6). Ce courant crée, par les inducteurs $d_1d'_1$ (*fig.* 6), dans les pôles *ns*, un flux F'_1 dirigé vers la gauche de n'_1 en s'_1 qui, sous l'effet de la rotation z'_1, reproduit dans l'induit D_1, sous les balais $D_1D'_1$, un courant de même sens que précédemment (D_1 négatif et D'_1 positif).

(¹) Puisque le courant intérieur qui circule entre les balais $D_2D'_2$ parcourt un circuit double ayant dans son ensemble la forme de deux solénoïdes *horizontaux*. Lorsqu'on considère, au contraire, le courant qui circule entre les balais $D_1D'_1$, l'induit doit être considéré comme formé de la réunion de deux solénoïdes *verticaux*.

cipal, créé ainsi non plus par un système inducteur, mais par l'enroulement *induit*, est situé également à angle droit de la position ordinaire,

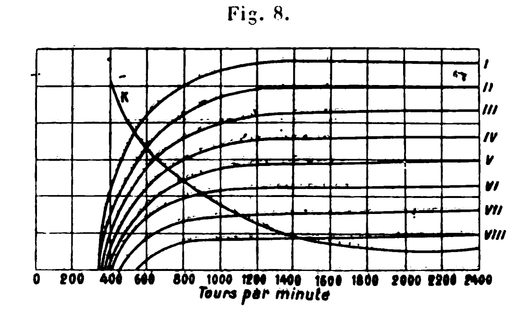
Fig. 7.



dans la direction $F_1 F'_1$ normale à l'axe des inducteurs. Comme on le voit, la dynamo Rosenberg présente une certaine analogie, dans sa construction et dans son fonctionnement, avec des moteurs monophasés à réaction, tels que ceux de Latour ou Winter-Eichberg.

Nous allons montrer maintenant que la dynamo Rosenberg est indifférente, non seulement au sens de marche, mais encore à la vitesse. Remarquons que, lorsque la dynamo débite un courant extérieur par les balais principaux $D_1 D'_1$, ce courant, dans son parcours interne au travers des deux moitiés $D_1 D'_1$ de l'induit que l'on peut assimiler à deux solénoïdes verticaux, donne naissance à un flux magnétique F'_2, vertical comme F_2, mais dirigé en sens inverse, c'est-à-dire à un flux de réaction en opposition avec le flux auxiliaire F_2 créé par les pôles inducteurs $N_2 S_2$, et, comme ce flux antagoniste ira en croissant au fur et à mesure que le courant principal ira en augmentant, il jouera exactement le même rôle que si le système inducteur $d_2 d'_2$ était inversement compoundé par un enroulement série δ_2, à la manière représentée sur la figure 4 [1]. Si la vitesse de rotation augmente, le champ auxiliaire des inducteurs F_2 étant constant, le courant d'excitation interne circulant entre les balais $D_2 D'_2$ augmente et crée un champ magnétique F_1 ou F'_1 plus intense, d'où tend à résulter un courant principal plus intense entre les balais $D_1 D'_1$; mais alors la partie interne de ce courant principal fait augmenter le flux auxiliaire antagoniste F'_2, de sorte que l'on trouve, dans l'axe des pôles, un flux résultant f_2 plus petit (partie gauche de la figure 7). Puisque le flux primitif auxiliaire f_2 est plus petit que nous ne l'avions considéré d'abord, le courant interne d'excitation sous balais $D_2 D'_2$, le champ principal F_1 ou F'_1 et, finalement, le courant principal ou la force électromotrice principale sous balais $D_1 D'_1$ vont se trouver réduits. Il se produit ainsi une autorégulation de la force électromotrice de la dynamo, qui reste à peu près constante malgré de grandes variations de vitesse, ainsi qu'on le voit sur la figure 8 représentant les caractéristiques de la

Fig. 8.



dynamo en fonction de la vitesse pour des ajustements différents du courant inducteur auxiliaire.

Cet ajustement est effectué par une série de 6 lampes en fer, semblables aux lampes de régulation de l'éclairage et qu'on peut intercaler par unités successives. On a choisi des lampes en fer comme rhéostat au lieu de résistances métalliques ordinaires, parce qu'elles jouent en même temps le rôle de coupe-circuit de sûreté à sensibilité variable, dont le fonctionnement est plus précis que celui d'un plomb fusible; un de ces filaments fond et coupe le circuit des lignes d'excitation auxiliaire en cas de rupture brusque en pleine vitesse du circuit principal (par cassure d'un fil ou d'un plomb fusible par exemple) et empêche ainsi la force électromotrice de la dynamo et le courant principal interne de prendre des valeurs anormales dangereuses pour l'enroulement de l'induit [1].

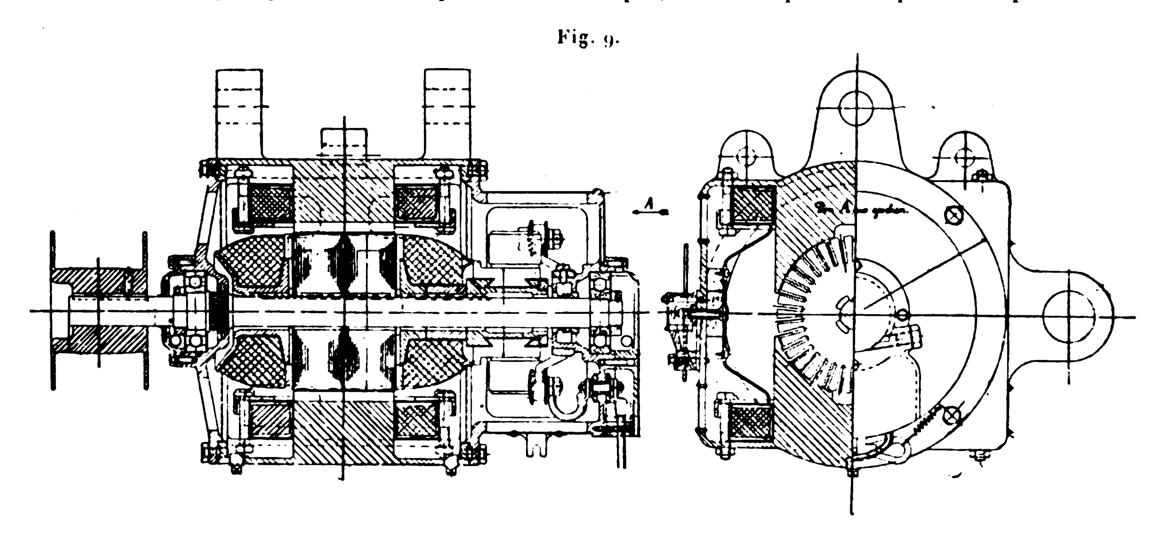
[1] Sur cette figure d_2 et δ_2 sont les enroulements d'excitation d'une dynamo auxiliaire D_2 servant elle même à l'excitation de la dynamo principale D_1, mais nous avons vu précédemment que dans la dynamo Rosenberg (schéma de la *fig.* 6) les inducteurs $d_2 d'_2$ jouent bien le rôle d'une excitation auxiliaire.

[1] En effet, une dynamo indifférente à la vitesse doit travailler avec un couple résistant constant, c'est-

La dynamo Rosenberg, si elle a l'apparence d'une dynamo ordinaire, est construite suivant des proportions un peu différentes. D'après les explications que nous avons données plus haut, on voit que le champ magnétique auxiliaire F_2 doit être puissant; il suffit, pour avoir une grande saturation magnétique, de prendre des pièces polaires massives et très larges; il n'est pas nécessaire d'avoir un circuit excitateur primaire à nombre de tours élevé ni de gros noyaux ou d'une grosse culasse; ces deux parties peuvent au contraire avoir des dimensions bien plus réduites que dans une dynamo ordinaire. En second lieu, le flux principal F_1 ou F'_1 étant créé par l'enroulement induit seul, cet induit doit être plus fort qu'à l'ordinaire; en somme il y a un peu plus de fer et pas mal de cuivre en plus sur l'induit, mais beaucoup moins de fer et de cuivre sur le système inducteur, de sorte qu'au total la machine est plus légère qu'une dynamo ordinaire de même puissance. L'échauffement et le rendement ne sont pas inférieurs parce que les deux courants qui circulent dans l'induit ne s'ajoutent pas mais se composent géométriquement (comme dans une commutatrice).

A l'inverse de ce qui a lieu dans les dynamos avec contre-enroulement inducteur compound où la réaction d'induit produit des étincelles aux balais, à moins de donner à la machine des dimensions bien plus fortes que celles usuelles (ce qui rend l'emploi de ce genre de dynamo peu pratique, sinon impossible, pour des puissances un

Fig. 9.



peu fortes telles que celles nécessitées par l'éclairage d'un train tout entier par une seule génératrice), la dynamo Rosenberg a une commutation très bonne, meilleure que celle d'une machine ordinaire, dans ses deux paires de balais [1], ce

à-dire un débit extérieur constant. Si ce débit se trouve réduit brusquement à zéro (par rupture d'une connexion des balais principaux), ou à la faible valeur du courant de charge de la batterie (si la rupture a lieu entre la batterie et les lampes), le flux antagoniste F'_2 disparaissant ou devenant très faible, le flux primaire f_2 devient presque égal à F_2, le courant interne d'excitation sous les balais auxiliaires prend une valeur élevée et, par suite aussi, le flux principal F_1 ou F'_1 et la force électromotrice principale qui en résulte. Le phénomène n'est pas à craindre en cours de marche, parce que, généralement, une fraction seulement des lampes des compartiments peuvent être éteintes et qu'il reste toujours les lampes des couloirs et water-closets allumées.

[1] En se reportant à la figure 7, on voit que les balais principaux D_1, D'_1, qui se trouvent dans la zone neutre par rapport au flux principal F_1 ou F'_1, ne sont pas soumis au flux de réaction F'_2 correspondant au passage du courant principal dans l'induit, parce que ce flux de réaction est constamment annulé par le flux primaire auxiliaire F^2 qui est calculé pour être toujours supérieur au flux F'_2; il est soumis au contraire à un flux résultant f_2 (d'autant plus petit que la vitesse est plus grande) qui, au lieu de gêner, facilite la commutation. Quant aux balais auxiliaires D_2, D'_2, ils sont soumis au flux de réaction F_1 ou F'_1, mais la commutation y est facile parce qu'ils ne donnent passage, en pleine vitesse, qu'à un faible courant car l'enroulement de l'induit qui dans une dynamo ordinaire donnerait naissance par exemple à une tension de 50 volts aux balais, n'engendre

qui la rend très appropriée à l'éclairage des trains en bloc.

La figure 9 donne la coupe d'une dynamo Rosenberg à 2 pôles dans laquelle les 4 balais sont à 90° l'un de l'autre; on y remarque la grande largeur des masses polaires inductrices. On peut également la construire avec 8 pôles: les 8 balais sont alors à 45° l'un de l'autre, les balais principaux d'un côté de l'induit et les balais auxiliaires de l'autre.

La dynamo Rosenberg nous paraît donc compléter heureusement la simplicité du système Büttner de régulation et constituer avec lui un système complet d'éclairage électrique des trains vraiment pratique.

L'ensemble, composé d'une dynamo Rosenberg, des lampes de réglage Büttner et d'une soupape électrolytique Büttner à aluminium (nous avons fait plus haut des réserves sur la valeur de ce dernier appareil), vient d'être appliqué sur un nouveau train à intercirculation du service Berlin-Cologne de l'État prussien et sur des voitures isolées des chemins de fer bavarois; il est en cours de montage sur des voitures isolées du chemin de fer d'Anatolie.

Terminons en faisant remarquer que la dynamo Rosenberg sous sa forme actuelle peut recevoir d'autres applications que l'éclairage des trains. Elle conviendrait parfaitement à la charge d'accumulateurs par des moulins à vent où à marée, dont la vitesse est, comme celle des trains, très variable [1]. CH. JACQUIN.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE PAR COURANT MONOPHASÉ.

IV. — Étude spéciale des moteurs à courant alternatif monophasé à collecteur (*suite*) [1].

MOTEURS A RÉPULSION. — La carcasse magnétique d'un moteur à répulsion doit être aussi constituée par deux anneaux concentriques, faits avec des tôles découpées, à la surface desquels on a ménagé des cannelures, pour loger les circuits, comme s'il s'agissait d'un moteur d'induction.

Un moteur à répulsion *type* se compose d'un rotor semblable à celui d'une machine à courant continu et d'un stator dont les circuits sont disposés comme ceux d'une machine d'induction à courants biphasés, mais dont les deux circuits n'auraient pas nécessairement les mêmes nombres de spires.

Supposons, pour fixer les idées, que l'on ait affaire à un moteur bipolaire : il y a, sur le stator, deux circuits A et B (voir *fig.* 17) montés en série, où l'on envoie un courant alternatif. Ces circuits tendent à développer des flux dans deux directions perpendiculaires OX et OY.

Les points de contact avec le collecteur des balais du rotor sont disposés sur la ligne OY et ces balais sont reliés par un court-circuit.

D'après M. Steinmetz, cette disposition serait également due à Eckemeyer.

Un pareil moteur jouit d'une propriété inté-

ici qu'une tension de 4 volts sous les balais auxiliaires. Pour ces balais, contrairement à ce qui se passe d'habitude, la commutation s'améliore avec la vitesse puisque le courant excitateur interne qui les traverse est seulement élevé aux faibles vitesses et diminue à mesure que la vitesse augmente (il a une forme du genre de la courbe K de la figure 8).

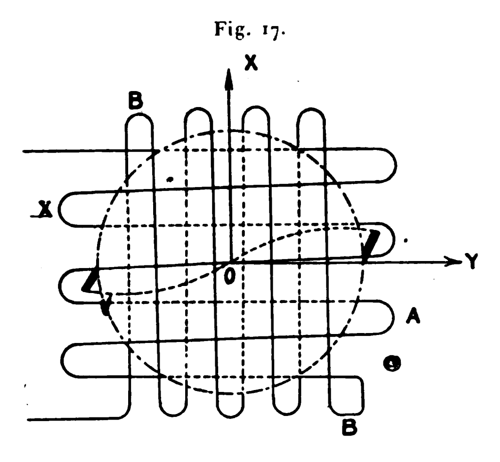
[1] *Voir* le précédent numéro, p. 5 à 19.

[1] La dynamo Rosenberg n'a pas encore été construite pour être utilisée en réceptrice : elle présenterait dans cet emploi des propriétés curieuses. Elle se comporte alors au démarrage comme un moteur d'induction monophasé : elle peut tourner indifféremment à droite ou à gauche et ne possède aucun couple de démarrage; mais, dès qu'elle est lancée, sa vitesse va en s'accélérant; et pour la lancer il n'est pas besoin de dispositifs particuliers comme dans les moteurs monophasés; il suffit de soulever les balais auxiliaires, le démarrage se fait en moteur continu, après quoi on peut abaisser les balais auxiliaires.

Enfin la dynamo Rosenberg pourrait servir à fournir, dans des distributions à 3 fils, grâce à ses balais auxiliaires, la moitié de la tension extrême, et sans donner lieu aux fortes réactions d'induit que l'on trouve dans les machines construites jusqu'ici dans ce but (Déri, Kingdon, etc.).

ressante : il est le siège d'un flux tournant, dont l'intensité demeure constante, tant que la vitesse du moteur demeure elle-même constante, et croît

Fig. 17.



proportionnellement à celle-ci. Ce flux tourne synchroniquement avec le courant dans le même sens que le rotor; il subsiste seul, lorsque le rotor tourne aussi avec la vitesse du synchronisme.

Il est facile de le démontrer ([1]).

Ce phénomène facilite la commutation des moteurs à répulsion.

En effet : puisque le flux tournant développé dans le moteur tourne dans le même sens que lui, sa vitesse relative par rapport au rotor va en diminuant au fur et à mesure que le moteur se met en vitesse et est nulle lorsque ce dernier a atteint la vitesse du synchronisme.

En même temps, l'intensité du flux alternatif

([1]) Le circuit du rotor étant fermé sur lui-même, le produit RJ de sa résistance R par l'intensité J du courant qui le traverse doit devenir très petit comparativement à la force électromotrice qu'y développe sa rotation au travers du flux engendré par le circuit A du stator, alors que la vitesse ω est encore petite par rapport à la fréquence α.

Dès que le moteur a pris une certaine vitesse, la somme algébrique des forces électromotrices développées dans le circuit compris entre les balais du rotor doit donc être devenue sensiblement nulle.

Supposons qu'on ait lancé un courant d'intensité $I = a \sin 2\pi\alpha t$ dans les circuits du stator : son circuit A engendre un flux Φ dirigé suivant la direction OX et, en désignant par φ une constante représentant un flux, nous pouvons poser

$$\Phi_1 = \varphi \sin 2\pi\alpha t.$$

Si, par un moyen quelconque, par exemple en employant des connexions résistantes dans le cas du moteur série, on a limité l'intensité du courant dans les bobines du rotor mises en court-circuit par les balais : la force magnétisante de ces bobines est très petite par rapport à celle du circuit A du stator. On peut admettre qu'il n'y a pas d'autre flux que le flux Φ suivant la direction OX.

Alors, si le rotor tourne avec la vitesse Ω, la force électromotrice développée par sa rotation, au milieu de ce flux, a pour expression, en désignant par N une constante représentant un nombre de spires,

$$e_1 = \pm 2\pi\Omega N \varphi \sin 2\pi\alpha t.$$

Comme nous le verrons tout à l'heure, si l'on a

$$\Phi_1 = \varphi \sin 2\pi\alpha t,$$

l'expression de l'intensité J du courant qui traverse le rotor est de la forme $-m \sin 2\pi\alpha t + n \cos \pi\alpha t$, en désignant par m et n deux constantes, dont la première est de même signe que φ.

Le travail fourni au courant par la rotation du moteur est alors égal à

$$\alpha \int_0^{\frac{1}{\alpha}} J\alpha t = -\frac{2\pi\Omega N \varphi m}{2}.$$

Ce travail devant être négatif puisque l'on a affaire à un moteur, il convient de poser $e_1 = +2\pi\Omega N\varphi \sin 2\pi\alpha t$, le produit N étant considéré comme positif.

Désignons maintenant par Φ_2 le flux résultant engendré par le circuit B du stator et le circuit compris entre les balais du rotor. Ce dernier circuit se comporte comme le circuit secondaire d'un transformateur dont le circuit B serait le primaire. La force électromotrice e_2 qui y est développée a pour expression $e_2 = \frac{N\, d\Phi_2}{dt}$.

La condition $e_1 + e_2 = 0$ devient

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = 2\pi\Omega\varphi \sin 2\pi dt,$$

d'où

$$\Phi_2 = -\frac{\Omega}{\alpha}\varphi \cos 2\Omega\alpha t.$$

Nous pouvons écrire

$$\Phi_1 = \left(\frac{\alpha - \Omega}{\alpha} + \frac{\Omega}{\alpha}\right)\varphi \sin 2\pi\alpha t, \qquad \varphi_2 = -\frac{\Omega}{\alpha}\varphi \cos 2\pi\alpha t.$$

Les flux développés dans le rotor peuvent donc être considérés comme la superposition :

1° D'un flux alternatif dirigé suivant la direction OX, dont l'intensité maxima $\frac{\alpha - \Omega}{\alpha}\varphi$ diminue d'abord lorsque la vitesse augmente, et devient nulle lorsque l'on a $\alpha = \omega$, c'est-à-dire lorsque le moteur tourne synchroniquement avec le courant.

2° D'un flux tournant avec la vitesse α dont l'intensité $\frac{\Omega}{\alpha}\varphi$ demeure constante pendant sa rotation, si la répartition des lignes de force de chacun des flux Φ_1

superposé au flux tournant va en diminuant et devient nulle lorsque le moteur a atteint la vitesse du synchronisme.

Les forces électromotrices développées par ces flux, dans les diverses bobines du rotor, vont donc en diminuant de plus en plus et seraient nulles à la vitesse du synchronisme si, comme nous l'avons supposé, leur résistance ohmique était nulle.

A cette vitesse, elles ne seront pas nulles, en réalité, mais très petites. La commutation opérée par les balais deviendra donc de plus en plus facile, au fur et à mesure que le moteur prendra de la vitesse, et sera parfaite lorsque le moteur tournera synchroniquement avec le courant.

Mais nous avons supposé que l'intensité du flux tournant demeurait constante malgré sa rotation.

Si cette intensité variait, il en résulterait la production de nouvelles forces électromotrices dans les bobines du rotor et, en particulier, dans celles mises en court-circuit par les balais, ce qu'il faut éviter.

Il convient donc que l'intensité du flux tournant demeure constante. Cela conduit à rendre la perméabilité de l'entrefer constante dans toutes les directions. On y arrive en disposant la carcasse magnétique du moteur comme celle d'un moteur d'induction, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Nous venons de voir qu'un moteur à répulsion jouissait naturellement d'une propriété qui facilitait sa commutation et diminuait les pertes d'énergie dans le fer de son rotor, que nous ne pouvions donner au moteur série qu'en le faisant tourner toujours à une vitesse très voisine de celle du synchronisme et en établissant des courts-circuits sur son rotor. Cela nécessitait, d'ailleurs, l'addition de bagues sur l'axe du moteur et l'accomplissement d'une manœuvre à un moment opportun.

C'est un avantage du moteur à répulsion, mais il est bien compensé par une diminution du couple qu'il peut développer lors du démarrage, c'est-à-dire lorsqu'on a besoin d'un couple moteur maximum [1].

---

et Φ_2, à un moment donné, mais quelconque, varie le long de l'entrefer du moteur suivant la loi sinusoïdale.

L'intensité $\frac{\Omega}{\alpha}\varphi$ est proportionnelle à la vitesse de rotation Ω.

Lorsque le moteur tourne synchroniquement avec le courant, ce flux subsiste seul.

Nous allons voir maintenant qu'il tourne dans le même sens que le rotor.

A l'époque o : $\Phi_2 = \frac{\Omega}{\alpha}\varphi$ et $\Phi_1 = o$.

A l'époque $\frac{1}{4\alpha}$: $\Phi_2 = o$ et $\Phi_1 = \frac{\alpha - \Omega}{\alpha} + \frac{\Omega}{\alpha}$.

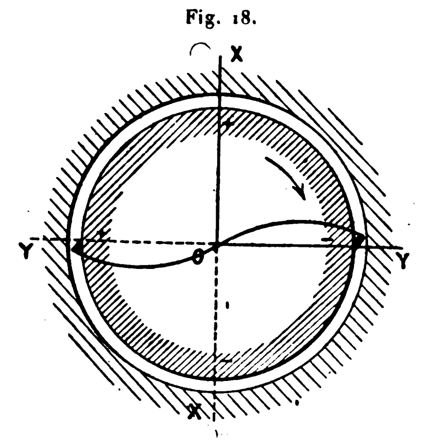
Dans le flux d'intensité $\frac{\Omega}{\alpha}\varphi$, il tourne en allant de — OY vers OX.

Supposons que le flux développé par le circuit A du stator engendre, le long de la ligne OX, un pôle positif à la surface du rotor et un pôle négatif à la surface interne du stator.

Le circuit B du stator tendrait aussi, au même moment, à développer un pôle positif à la surface du rotor, le long de la ligne OY. Mais nous savons que s'il passe un courant d'intensité $I = a \sin 2\pi\alpha t$ dans les circuits du stator, le flux développé suivant la direction OY est égal à $\frac{\Omega}{\alpha}\varphi \cos 2\pi\alpha t$. C'est que la force magnétisante du circuit B d'un stator est détruite par celle du circuit du rotor. Les courants qui traversent celui-ci tendraient donc à produire un pôle négatif à sa surface alors qu'un pôle négatif serait développé, à la surface du stator, sur la ligne OX.

Ces deux pôles se repoussant, le rotor tournera dans le sens de la flèche de la figure 18, c'est-à-dire dans le même sens que le flux d'intensité constante qui est égale à $\frac{\Omega}{\alpha}\varphi$.

Fig. 18.

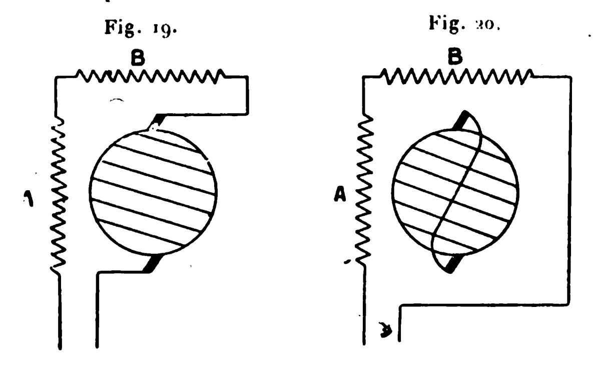


[1] Pour nous en rendre compte, considérons un moteur dont on puisse faire à volonté un moteur série ou un moteur à répulsion en groupant ses divers circuits suivant l'un ou l'autre des modes représentés sur les figures 19 et 20.

Désignons par ρ et Λ la résistance et le coefficient de self-induction des circuits A et B du stator associés en série; par R et L la résistance et le coefficient de self-induction du circuit du rotor aboutissant aux balais; par m_1 et m_2 les valeurs maxima des coefficients d'induction

mutuelle du circuit du rotor avec les circuits A et B du stator et par Ω la vitesse de rotation du moteur.

Fig. 19. Fig. 20.



Appelons $i = a \sin 2\pi\alpha t$ l'intensité du courant dans les circuits du stator et j l'intensité du courant dans le circuit du rotor.

Dans le cas du moteur série, nous aurons

$$j = i = a \sin 2\pi\alpha t.$$

Dans le cas du moteur à répulsion, nous aurons la relation

$$0 = \mathrm{R}j + \mathrm{L}\frac{d}{dt}j + 2\pi\Omega m_1 a \sin 2\pi\alpha t + 2\pi\alpha m_2 a \cos 2\pi\alpha t,$$

d'où l'on tire

$$j = \frac{-\mathrm{R}}{\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2}(2\pi\Omega m_1 a \sin 2\pi\alpha t + 2\pi\alpha m_2 a \cos 2\pi\alpha t) + \frac{+2\pi\alpha\mathrm{L}}{\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2}(2\pi\Omega m_1 a \cos 2\pi\alpha t - 2\pi\alpha m_2 a \sin 2\pi\alpha t)$$

ou

$$j = \frac{a}{\mathrm{R}^2 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2}(-2\pi\Omega m_1 - 4\pi^2\alpha^2 m_2 \mathrm{L}) \sin 2\pi\alpha t + \frac{a}{\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2}(-2\pi\alpha m_2 \mathrm{R} - 4\pi^2\alpha\Omega m_1 \mathrm{L}) \cos 2\pi\alpha t.$$

Le couple C sera toujours proportionnel à l'expression

$$\alpha \int_0^{\frac{1}{\alpha}} ij\, dt.$$

Nous avons, pour le moteur série :

$$\alpha \int_0^{\frac{1}{\alpha}} ij\, dt = \frac{a^2}{2};$$

pour le moteur à répulsion :

$$\alpha \int_0^{\frac{1}{\alpha}} ij\, dt = \frac{a^2}{2(\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2)}(2\pi\Omega m_1 \mathrm{R} + 4\pi^2\alpha^2 m_2 \mathrm{L}).$$

Au moment du démarrage, le terme en Ω de cette dernière expression est nul, et nous avons

$$\alpha \int_0^{\frac{1}{\alpha}} ij\, dt = \frac{4\pi^2\alpha^2 m_2 \mathrm{L}}{2(\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2)} a^2.$$

Le circuit B du stator et le circuit du rotor peuvent être alors considérés comme les primaire et secondaire d'un transformateur, dont le coefficient de transformation serait égal à 1.

Dans ces conditions, le coefficient d'induction mutuelle M_2 sera toujours plus petit que le coefficient de self-induction L et cela d'autant plus que l'on devra donner un entrefer assez grand au moteur, parce que c'est un moteur de traction et que cela aura pour effet d'augmenter les fuites magnétiques.

La présence de ces entrefers aura aussi pour effet de diminuer la valeur du coefficient L.

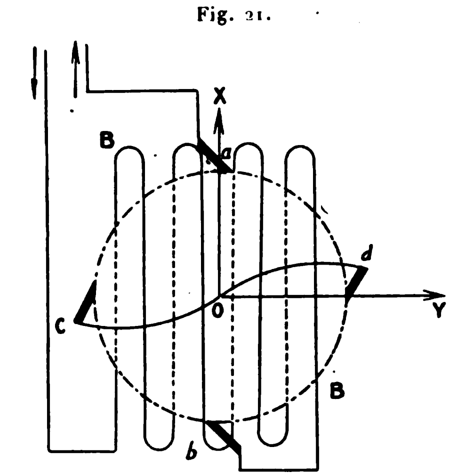
Enfin, comme un moteur de traction devra démarrer fréquemment et aura à tourner pendant un temps prolongé, à une vitesse inférieure à celle du synchronisme, il faudra toujours employer des courants de fréquence peu élevée à cause de la commutation. On ne pourra donc pas négliger le terme R^2 devant le terme $4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2$, comme on le faisait dans un transformateur ordinaire.

Pour toutes ces raisons, le rapport $\frac{4\pi^2\alpha^2 m_2 \mathrm{L}}{\mathrm{R}^2 + 4\pi^2\alpha^2\mathrm{L}^2}$ ne pourra guère être rendu plus grand que 0,8 avec des courants de fréquence 25.

En vitesse : l'influence du terme $2\pi\Omega m_1 \mathrm{R}$ relèvera la valeur de ce rapport; mais, comme c'est au démarrage que l'on a besoin d'un grand couple, on sera forcé d'augmenter le poids du moteur pour une puissance déterminée.

MOTEUR LATOUR. — M. Latour a imaginé une curieuse variante du moteur à répulsion. Elle est schématiquement représentée sur la figure 21. Pour nous rendre compte de son fonctionnement,

Fig. 21.



comparons cette figure à la figure 17 qui représente les dispositions fondamentales du moteur à répulsion.

La force magnétisante développée par le circuit A du stator de la figure 19 l'est, dans le moteur Latour, par un circuit du rotor compris entre deux balais *a* et *b*, dont les points de contact avec le collecteur sont situés sur la ligne OX et son prolongement.

Le circuit B du stator continue à servir de primaire à un transformateur dont le secondaire est constitué par un autre circuit du rotor aboutissant à deux balais *c* et *d* dont les points de contact avec le collecteur sont situés sur la ligne OY et son prolongement, et qui sont reliés par un court-circuit.

Le moteur ainsi disposé se comporte comme un moteur à répulsion ordinaire. Lorsqu'il tourne à la vitesse du synchronisme, il n'est le siège que d'un seul flux tournant avec la même vitesse que le rotor et dans le même sens : il n'y a donc aucune force électromotrice développée dans les bobines mises en court-circuit par les balais et la commutation s'opère avec la plus grande facilité dans ces bobines.

Le circuit série du rotor peut être remplacé par un circuit fixe. Or, une théorie plus complète de ce moteur montrerait qu'il n'y a jamais d'étincelles aux balais *a* et *b* et qu'il n'y en a pas plus aux balais *c* et *d* que dans un moteur à répulsion ordinaire.

Le moteur Latour est plus simple que ce dernier puisque son stator ne comporte qu'un seul circuit au lieu de deux; en revanche, le nombre de ses lignes de balais est double. Cela n'a aucune gravité dans un moteur d'atelier, mais en a beaucoup, au contraire, dans un moteur de traction où l'on manque de place et où toutes les pièces sont enveloppées et peu accessibles.

CONCLUSION. — On a imaginé un très grand nombre d'autres systèmes de moteurs; mais tous ceux que nous connaissons ne sont que des variantes des précédents, savoir : moteurs-série, moteurs-série à vitesse constante, moteurs à répulsion, moteurs à répulsion du genre Latour.

Les moteurs à répulsion paraissent, au premier abord, préférables aux moteurs série, au point de vue de la commutation, mais il faut qu'un moteur à répulsion soit à la fois un bon moteur et un bon transformateur. Or, ces deux conditions sont incompatibles, lorsqu'il s'agit d'un moteur de traction : pour en faire un bon transformateur, il faudrait lui donner un très petit entrefer, comme si c'était un moteur d'induction, ce qui n'est pas possible, ou donner une fréquence élevée au courant, ce qui rendrait la commutation très difficile pendant que l'on marcherait à vitesse réduite.

Il n'en serait pas de même s'il s'agissait de moteurs d'atelier. Les moteurs à répulsion conviendraient bien alors.

Le moteur série à vitesse constante conviendrait surtout pour actionner des transmissions, car il tournerait naturellement à vitesse sensiblement constante, comme un moteur d'induction. Il aurait de plus la faculté de démarrer sous charge.

Nous ne pensons pas qu'il y ait lieu d'appliquer ce moteur à la traction, parce que les bagues augmentent son encombrement et que les occasions que l'on aurait de les utiliser seraient rares.

C'est donc le moteur série ordinaire qu'il convient d'appliquer à la traction parce que c'est le moins lourd et le moins encombrant pour une puissance donnée.

La question d'encombrement a, en effet, une importance toute particulière dans le cas qui nous occupe. La place disponible, sur ou à côté d'un essieu, est toujours très mesurée et nous avons intérêt à pouvoir actionner cet essieu avec un moteur aussi puissant que possible.

Or, si un moteur-série développe un plus grand couple de démarrage qu'un moteur à répulsion constitué avec les mêmes éléments, c'est-à-dire s'il est plus puissant à égalité de poids et de volume, il est lui-même moins puissant qu'un moteur à courant continu constitué avec les mêmes éléments.

Considérons un moteur disposé comme celui représenté schématiquement sur la figure 9, soit un moteur Lamme. Nous n'avons qu'à y envoyer un courant continu au lieu d'un courant alternatif : le circuit compensateur continuera à détruire la réaction d'induit, ce qui facilitera beaucoup la commutation. Les connexions résistantes pourraient être supprimées.

Lançons-y successivement un courant continu d'intensité déterminée et un courant alternatif d'intensité efficace égale. Le couple moteur développé sur l'axe sera plus grand, dans le premier cas, que dans le second. Cela tient aux phénomènes de saturation du fer. Pour que le couple fût le même dans les deux cas, il faudrait que

l'intensité des flux développés dans la machine fût proportionnelle à l'intensité du courant qui la traverserait. Or, il n'en sera pas ainsi et l'intensité des flux croîtra moins vite que celle du courant, parce que la perméabilité du fer diminue dans les machines au fur et à mesure que l'induction spécifique augmente.

C'est là le plus grand défaut que l'on puisse reprocher au moteur à courant monophasé.

Leur puissance est inférieure de 20 pour 100 environ à celle de moteurs à courant continu, de même poids et de même volume. Elle est encore très suffisante pour les besoins de la pratique, mais le serait-elle encore si nous la réduisions à nouveau de 20 pour 100 en transformant ces moteurs-série en moteurs à répulsion?

Comme nous le verrons plus loin, les applications prochaines de la traction par courant alternatif monophasé porteront surtout sur des lignes secondaires, où circuleront des voitures isolées ou des trains très légers.

Or, plus un train est léger et, *a fortiori*, s'il se réduit à une voiture, plus grand doit être l'effort de démarrage par tonne dont on doit pouvoir disposer.

En effet, supposons qu'un essieu soit chargé de 8^t; si ses roues reposent au milieu d'un rail, un effort de 80^{kg} sera plus que suffisant pour le mettre en mouvement en palier. Au contraire, si les roues reposent sur des joints de rails ou sur les croisières d'une plaque tournante ou sur une aiguille, l'effort nécessaire pour mettre en mouvement cet essieu pourra être porté à 400^{kg} ou 500^{kg}.

Or, si nous considérons un train reposant sur un grand nombre d'essieux, la majeure partie des roues s'appuiera sur la voie normale et l'effort de démarrage moyen, par tonne, sera toujours peu élevé. Avec une voiture reposant sur deux essieux, la moitié de son poids peut être supportée par des roues appuyées sur des points défectueux de la voie, ce qui augmentera, dans une proportion extrêmement élevée, l'effort de démarrage nécessaire.

Cette raison impose, suivant nous, l'emploi du moteur-série. Il reste seulement à savoir s'il convient, une fois la voiture en vitesse, de transformer le moteur-série en moteur à répulsion. Il suffirait, pour cela, de passer au moment voulu du montage représenté sur la figure 22 à celui représenté sur la figure 23, et il serait bien facile de réaliser un commutateur permettant de passer très rapidement d'un mode de montage à l'autre.

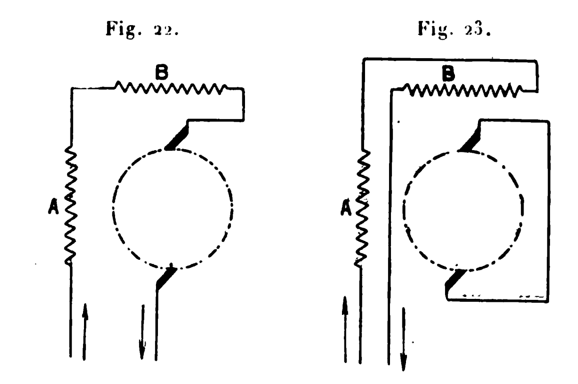


Fig. 22. Fig. 23.

Mais il faudra toujours prendre les précautions nécessaires pour que la commutation du moteur-série soit bonne au démarrage. Si cette condition est remplie, la commutation sera bonne à toutes les allures, car l'intensité des courants à commuter sera toujours plus petite qu'au démarrage.

La transformation du moteur-série en moteur à répulsion une fois en vitesse, ne serait vraiment utile que pour des voitures faisant de longs parcours sans arrêts, car la suppression ou au moins la diminution des pertes dans le fer du rotor améliorerait le rendement et surtout diminuerait l'échauffement du moteur.

V. — Appareils de contrôle.

Il n'est pas plus possible de faire un moteur à collecteur à haute tension, lorsqu'il doit être parcouru par un courant alternatif, que lorsqu'il doit l'être par un courant continu. Au contraire, les difficultés spéciales de la commutation conduisent à diminuer plutôt le voltage : les moteurs de M. Lamme sont établis pour 250 volts.

Il faut donc disposer un transformateur sur le véhicule; mais la chute de rendement qu'occasionneront le dégagement de chaleur dont il sera le siège et le travail absorbé par son transport sera largement compensée si nous rendons variable son coefficient de transformation, de manière à faire varier le voltage aux bornes des moteurs suivant la vitesse à obtenir.

Nous pourrons, en effet, supprimer tout rhéostat sur les voitures. Or, à Pittsburgh, pendant les hivers très durs de ce pays, on se contente, pour chauffer les tramways, de disposer à

l'intérieur des voitures les rhéostats des contrôleurs. La température devient généralement insupportable à la fin des trajets, bien que les arrêts soient relativement peu fréquents, les tramways courant, la plupart du temps, en pleine campagne. Cette observation suffit pour montrer l'importance de l'économie qui résultera de la suppression des rhéostats.

Il y a deux manières de faire un transformateur à coefficient de transformation variable :

1° On peut faire varier le nombre de spires du circuit secondaire au moyen d'un appareil analogue à un réducteur d'accumulateurs.

Nous avons représenté un dispositif de ce genre sur la figure 26. Le circuit primaire 1 du transformateur est branché entre la prise de courant 2 et la terre 3. Le circuit primaire demeurant invariable et le voltage maintenu entre la prise de courant et la terre étant supposé constant, toute spire entourant le noyau magnétique (4) est le siège d'une force électromotrice constante.

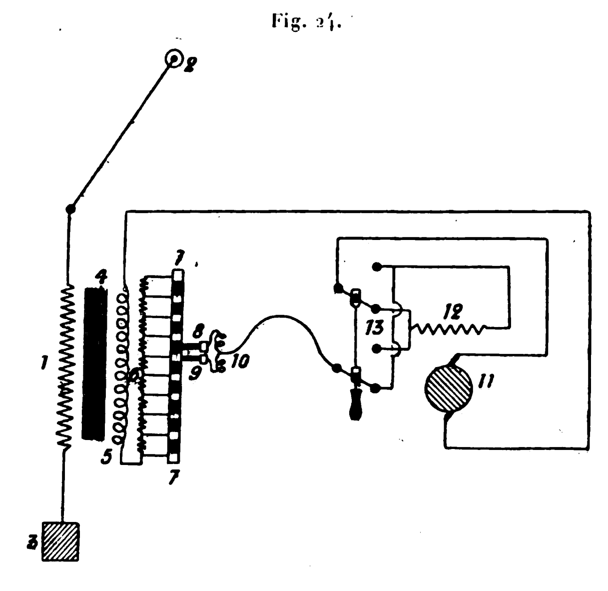
Le voltage aux bornes du circuit secondaire sera donc proportionnel au nombre de spires de ce circuit. On composera celui-ci au moyen de :

1° Une bobine 5 ayant le nombre N de spires voulu pour qu'elle produise le voltage minimum dont on aura besoin; 2° un grand nombre de bobines ayant ensemble N' spires, le nombre N' étant tel que le voltage développé dans les (N + N') spires, dont on disposera en tout, soit égal au plus grand voltage dont on aura besoin.

Les bobines auxiliaires 6 seront montées en série et leurs points de jonction seront reliés aux touches consécutives d'un commutateur 7 semblable à un réducteur d'accumulateurs. Ses touches seront séparées par des isolants assez épais pour que deux d'entre elles ne puissent être mises en court-circuit par un même frotteur. Pour ne pas amener d'interruption dans le courant, on appuiera sur ces touches deux frotteurs distincts, 8 et 9, reliés par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction 10. De cette manière, lorsque les deux frotteurs s'appuieront simultanément sur les deux touches où aboutiront les fils d'entrée et de sortie d'une même bobine secondaire, au lieu de la fermer sur elle-même, ils la fermeront sur une bobine de self-induction. Elle ne pourra ainsi devenir le siège d'aucun courant parasite important.

Nous avons représenté sur la figure 24 un moteur-série dont le rotor est figuré en 13. Son stator est figuré en 25 et 26; il est accompagné d'un commutateur 13 qui permet d'inverser le sens

Fig. 24.



des courants qui le traversent, selon que l'on veut aller en avant ou en arrière. Le mode de montage général est aussi représenté sur cette figure. On voit qu'il suffit de déplacer les frotteurs 8 et 9 du commutateur 7 pour faire varier le voltage disponible aux bornes du moteur. L'appareil que nous venons de décrire est très simple et présente cet avantage que sa manœuvre ne demande aucun travail appréciable. Mais des étincelles se produisent forcément sur le commutateur et leur action nocive est d'autant plus à redouter que l'appareil est plus puissant.

C'est pourquoi les ingénieurs de la Compagnie Westinghouse ne l'emploient que pour les voitures isolées. Lorsqu'elles doivent faire de la remorque ou lorsqu'un même appareil de contrôle doit desservir les moteurs de plusieurs voitures, ils se servent de l'appareil que nous allons décrire, qui ne comporte aucun commutateur, mais dont, en revanche, la manœuvre peut être, par moment, assez dure pour que l'on soit généralement obligé de le commander par l'intermédiaire d'un servo-moteur. On actionne le plus souvent ce dernier par de l'air comprimé pris à la canalisation des freins.

On monte en série (voir *fig.* 27) avec le circuit secondaire 5 d'un transformateur statique ordinaire, le circuit secondaire 8 d'un transfor-

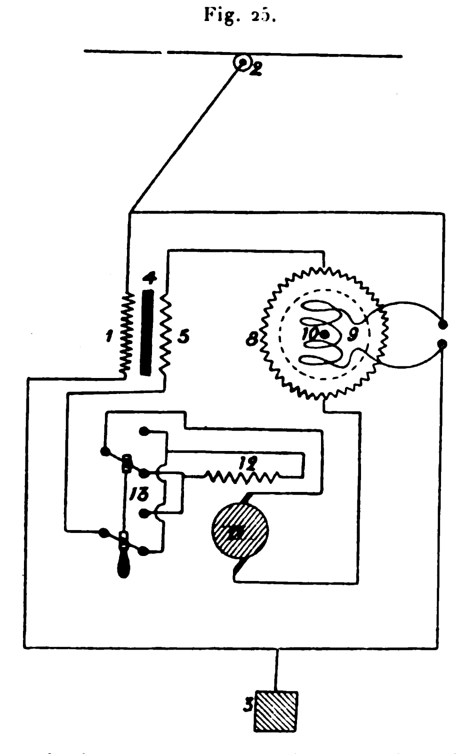
mateur à coefficient d'induction mutuelle variable dont le circuit primaire 9, monté en parallèle avec le circuit primaire 1 du premier transformateur, est mobile autour d'un axe 10 par rapport au circuit secondaire 8 qui demeure immobile. Les autres chiffres de la figure 27 ont la même signification que ceux de la figure 26.

Le transformateur à coefficient d'induction mutuelle variable est représenté avec plus de détails sur la figure 28. Il se compose de deux anneaux concentriques A et B; l'anneau extérieur est fixe et l'autre mobile. Ils partent des enroulements 8 et 9 tels que, si l'on y envoie des courants, ils produisent chacun deux pôles diamétralement opposés à la surface de l'entrefer.

Lorsque les deux anneaux occupent les positions où ils sont représentés sur la figure 28, leur coefficient d'induction mutuelle est maximum et égal, par exemple, à M.

Si l'on fait tourner l'anneau intérieur, ce coefficient d'induction mutuelle diminue graduellement et devient nul lorsque l'anneau intérieur a tourné de 90°. Si l'on continue à tourner, il change de signe et croît en grandeur absolue jusqu'à ce qu'il ait encore tourné de 90° et devient alors égal à — M.

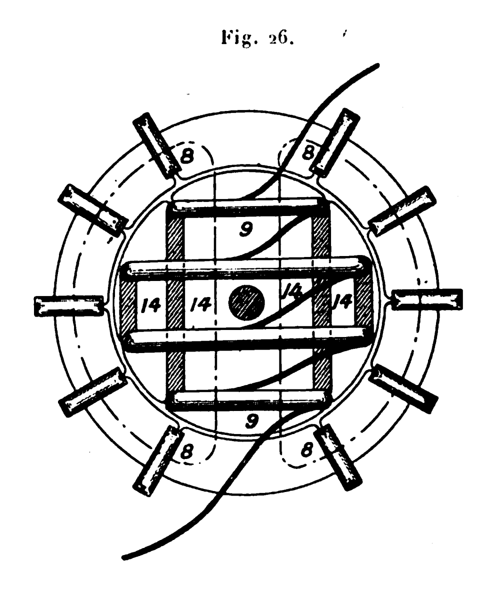
Fig. 25.



Sur la figure 25, on a supprimé l'enroulement 9 de l'anneau mobile monté en dérivation entre les conducteurs d'aller et de retour de la conduite d'électricité. Il supporte donc un voltage constant.

Dans ces conditions, les variations du flux engendré par l'enroulement 9 ont une amplitude constante. Si l'on appelle e la force électromotrice développée par ces variations de flux dans l'enroulement 8_1, lorsque les deux anneaux occupent les positions représentées sur la figure 28, cette force électromotrice varie de $+e$ à $-e$, lorsqu'on fait tourner l'anneau intérieur.

Fig. 26.



Désignons par F la force magnétisante développée dans le circuit secondaire 5 du transformateur statique, la somme des forces électromotrices développées dans le circuit qui desservira le ou les moteurs pourra varier graduellement entre

$$E - e \quad \text{et} \quad E + e.$$

Il importe que ce résultat ne soit pas acquis au prix d'un accroissement de l'impédance de ce dernier circuit, dû au développement de flux parasites dans le transformateur à coefficient d'induction mutuelle variable.

Or, les flux qui se développeront dans ce transformateur pourront toujours être décomposés en deux flux dirigés l'un perpendiculairement au plan d'enroulement des bobines de l'enroulement 9 et l'autre parallèlement à ce plan.

La somme des premiers flux composants sera

parfaitement déterminée et ne dépendra que du voltage supporté par l'enroulement 9 (la fréquence des courants étant, bien entendu, supposée constante).

Quant aux autres flux composants, ils ne rendront aucun service; au contraire, ils augmenteront l'impédance de l'enroulement 8. Il y a donc lieu de s'opposer à leur passage.

Dans les encoches où sont logées les diverses branches de l'enroulement 9, nous disposerons aussi des barres de cuivre que nous relierons entre elles sur les deux faces de l'anneau, par des barres plates, telles que celles représentées en 14, 14, ... sur la figure 26.

Nous disposerons ainsi, autour de l'anneau mobile, une série de circuits fermés sur eux-mêmes, très conducteurs, dont le plan d'enroulement sera perpendiculaire à celui des bobines de l'enroulement 9.

Ces circuits serviront d'écran pour les flux nuisibles dont le transformateur à coefficient d'induction mutuelle variable pourrait être le siège.

Un pareil transformateur demande à être étudié avec soin. Les encoches pratiquées à la surface des deux anneaux doivent être nombreuses et peu profondes. Leurs nombres doivent être différents, de manière que les encoches et les saillies du stator ne puissent se projeter simultanément sur celles du rotor. Faute de prendre ces précautions, on risquerait de faire un appareil faisant un tapage insupportable et dont la manœuvre exigerait par moment des efforts démesurés.

VI. — Applications prochaines les plus probables de la traction par courant alternatif monophasé.

En définitive, nous sommes à même, dès maintenant, d'envoyer des courants à très haut voltage, 10000 volts par exemple, dans un conducteur aérien unique situé dans le voisinage des voies, le retour se faisant à l'usine par les rails. et d'utiliser directement ces courants dans des voitures ou dans des locomotives circulant sur les voies ainsi équipées.

Si, au fur et à mesure que nous allongeons une ligne de transport, nous faisons croître comme la racine carrée de sa longueur le voltage des courants employés : nous pourrons continuer à transmettre, le long de cette ligne, la même quantité de travail avec le même rendement.

Donc, en employant des courants au voltage de 10000 volts, nous pourrions, à égalité de rendement, multiplier par $\frac{(10000)^2}{600} = 277$ la longueur du fil de trôlet d'une ligne de tramways.

On pourrait alors éloigner les stations centrales qui auraient à desservir une grande ligne, autant que les dépôts actuels de locomotives : cela permettrait de faire de la grande traction.

Malheureusement, en Europe, on ne peut songer à aborder ce problème, pour des raisons qui n'ont rien de technique.

En particulier, les nécessités de la mobilisation, qu'il faut toujours prévoir, s'y opposent. D'ici longtemps, les grandes Compagnies de chemins de fer n'auront recours à la traction électrique que pour desservir les banlieues des grandes villes ou pour des lignes dont l'exploitation est difficile avec les locomotives à vapeur, soit parce qu'elles sont très accidentées, soit parce qu'elles comprennent beaucoup de tunnels.

Les électriciens n'auront encore qu'à équiper des tramways ou des chemins de fer secondaires.

On a comparé le prix de revient de la traction des tramways, par courant alternatif monophasé et par courant continu fourni par des stations secondaires de transformation, et l'on a généralement conclu que l'emploi du courant amènerait une économie de 8 pour 100 sur les frais de premier établissement et de 12 pour 100 sur les frais d'exploitation.

Ces résultats sont intéressants, mais ne suffiraient sans doute pas pour provoquer un nouveau mouvement d'affaires industrielles comparable à celui qui a suivi l'application du tramway à trôlet et à courant continu.

C'est que, dans ces comparaisons, on n'a eu en vue que des lignes à trafic assez dense et assez continu pour rendre admissible l'emploi de stations secondaires de transformation.

Or, le principal intérêt, à nos yeux du moins, de la traction par courant alternatif monophasé est de rendre possible et économique l'exploitation de lignes à trafic faible et discontinu que l'on ne pourrait songer, un seul instant, à munir de stations de transformation.

On a commencé en France la construction des

chemins de fer secondaires d'intérêt local. Ce sont des chemins de fer à voie unique, large de 1^m, généralement parcourus, chaque jour, par trois trains dans chaque sens.

Certains départements ont construit leurs réseaux, mais ils sont en petit nombre et plus de 80 pour 100 du réseau total sont encore à faire.

L'achèvement de ces réseaux suffirait à faire travailler en plein nos usines de constructions électriques pendant de longues années.

Si leur construction a été interrompue, cela tient à l'importance des frais de premier établissement des lignes qui doivent être exploitées au moyen de locomotives à vapeur.

Les rampes ne doivent pas dépasser 3,5 pour 100, le rayon des courbes ne doit pas être inférieur à 100^m et les ponts doivent être établis pour supporter les locomotives qui les chargeront bien plus que des voitures de tramways.

D'un autre côté, l'exploitation par locomotives ne peut être économique que si les trains sont lourds.

Cela a conduit à réduire leur nombre au minimum, mais cela aux dépens de la commodité du public.

Aussi, ces chemins de fer secondaires ne rendent-ils de services que pour le transfert des marchandises.

La rareté des trains et leur peu de vitesse commerciale les font à peine utiliser par les voyageurs.

L'emploi de la traction par courants alternatifs monophasés peut intervenir ici de la manière la plus heureuse en permettant d'exploiter des lignes répandues sur toute la surface d'un département, dans les mêmes conditions qu'un réseau de tramways urbain.

D'après les devis soigneusement établis, l'équipement électrique de la ligne, comprenant la fourniture des poteaux, des isolateurs et de la ligne et leur pose, ainsi que l'éclairage de la voie, doit être évalué à 5300^fr le kilomètre.

Or, l'emploi de la traction électrique permet de porter les rampes à 10 pour 100 et d'abaisser le rayon des courbes à 30^m. Les ponts pourront être construits plus légèrement que s'ils devaient supporter des locomotives.

Sans doute, dans les pays accidentés, l'économie faite sur le prix d'établissement de la plate-forme sera supérieure à la dépense de 5300^fr par kilomètre exigée par l'équipement électrique de la voie.

La traction électrique conduira à exploiter ces lignes non plus comme des chemins de fer, avec des trains lourds et peu nombreux, mais comme des tramways à grand parcours au moyen de voitures isolées à départs fréquents. Il en résultera de grandes commodités pour le public, qui se traduiront par des suppléments de recette.

Or, les frais d'exploitation ne seront pas plus élevés que si toutes les voitures, au lieu d'être dispersées sur toute la surface d'un département, étaient condensées au chef-lieu. Qu'importe, en effet, à l'usine centrale, que les voitures soient plus ou moins distantes les unes des autres si :

1° La fourniture de courant est assez importante pour justifier la création d'une usine centrale et payer facilement ses frais généraux;

2° L'usine travaille presque constamment à pleine charge;

3° La transmission de l'énergie aux voitures se fait toujours dans de bonnes conditions de rendement.

Lorsqu'on n'employait pas de stations secondaires de transformation et que les voitures ne pouvaient guère s'éloigner de plus de 15^k de la station centrale, ces conditions ne se trouvaient remplies qu'avec les réseaux de tramways des grandes villes.

L'emploi des courants de haute tension permettra de faire des réseaux départementaux de chemins de fer secondaires comme l'on fait des réseaux de tramways urbains. L'usine centrale fonctionnera de la même manière dans les deux cas.

L'éloignement des voitures circulant sur une même branche de ligne ne présentera aucun inconvénient puisqu'il n'y aura pas de station secondaire et que l'équipement de la ligne sera naturellement payé par les économies faites sur son infra-structure.

MAURICE LEBLANC.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS.

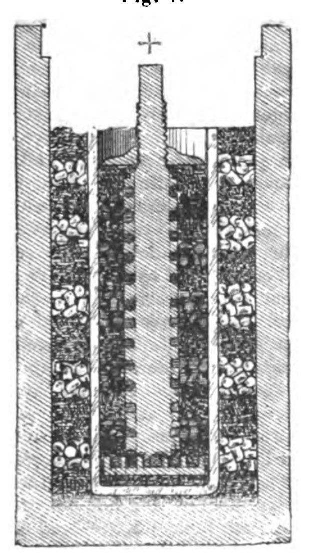
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Accumulateur « New Solid » ou N. S.

Cet accumulateur très répandu en Angleterre (The N. S. Electric Storage Co Ltd) est exploité en France par la maison Méran frères.

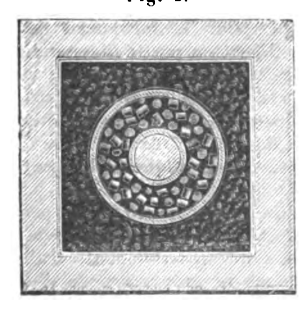
Ce qui caractérise le nouvel élément, c'est, d'une part, l'emploi de la matière active sous forme de petits cylindres et, d'autre part, l'interposition d'un vase poreux spécial.

Fig. 1.



La matière active, à base d'un mélange de minium et de litharge, présente une grande dureté de façon

Fig. 2.



à éviter la désagrégation; elle affecte la forme de petits cylindres. Ces cylindres ont des dimensions variables avec les éléments; une des dimensions courantes est : diamètre 3mm; longueur 5mm. La matière active sous cette forme est disposée dans les éléments par couches successives entre lesquelles on place des couches plus conductrices de plomb en grenailles et obtenu en coulant du plomb fondu dans l'eau.

Le vase poreux est fabriqué en porcelaine d'amiante; la résistance intérieure supplémentaire qu'il introduit est très faible et seulement le tiers de celle que donnerait un vase poreux en porcelaine ordinaire. Très perméable et inattaquable à l'acide, il ne se laisse pas pénétrer par les oxydes métalliques.

Les figures 1 et 2 montrent en coupes la disposition intérieure d'un élément. Le vase extérieur est, selon les cas, en bois plombé, en ébonite ou en celluloïd. Dans le premier cas, le doublage en plomb sert en même temps de conducteur négatif; dans les autres cas, une lame de plomb antimonié descend le long de la paroi et sert de conducteur négatif. Ce vase extérieur est garni de couches successives de bâtonnets de matière active et de grenaille de plomb. Le vase poreux disposé à l'intérieur renferme au centre une forte tige en plomb antimonié qui sert de conducteur positif; cette tige est actuellement garnie d'ailettes pour augmenter la surface de contact. Des couches successives de matière active, positive et de grenaille de plomb sont introduites dans ce vase poreux, autour de l'âme conductrice.

Le poids de la matière suffit à assurer le contact entre les cylindres de matière et la grenaille de plomb. Dans les éléments de traction, les trépidations contribuent à assurer ce contact.

La disposition employée permet en outre le dégagement facile des gaz qui passent dans les interstices laissés par la matière et par le plomb. L'absence de tasseau ou de support, ainsi que de tout séparateur, permet une réduction de l'encombrement total de l'élément.

Dans les éléments à poste fixe, le bac est en bois doublé intérieurement de plomb. Un élément pour lequel le catalogue indique une capacité de 600 ampères-heures au régime de 10 heures, comprend 8 vases poreux du type unique à poste fixe. D'après MM. Méran on peut garantir une capacité de 50 ampères-heures au régime de 10 heures par vase poreux. Les principales constantes d'un tel élément sont données dans le Tableau suivant, d'après le catalogue.

Type de l'élément		H
Dimensions extérieures du bac en millimètres	hauteur	415
	longueur	375
	largeur	299
Poids total en kilogrammes		93,5
Capacités en ampères-heures aux différents régimes	10 heures	600
	5 »	540
	1 »	280
Intensité normale de charge, en ampères		60
Concentration de l'acide sulfurique, en degrés Baumé		25

Les valeurs suivantes indiquent les principales caractéristiques d'un élément employé en Angleterre pour l'éclairage des trains.

Type de l'élément		D. C.
Dimensions extérieures de l'élément en millimètres	hauteur (connexions comprises)	495
	longueur	184
	largeur	260
Poids en kilogrammes		45,4
Capacité en ampères-heures au régime de 10 heures		350
Intensité normale de charge, en ampères		35

Pour l'allumage des moteurs on emploie un élément double (deux éléments en tension) et donnant 20 ampères-heures sous 4 volts. Le bac est en celluloïd et des précautions spéciales sont prises pour éviter la corrosion des prises de courant par l'acide. Les constantes principales de cet élément sont indiquées ci-dessous :

Type de l'élément		C. I.
Dimensions extérieures de l'élément double en millimètres	hauteur (connexions comprises)	165
	longueur	111
	largeur	82,5
Capacité en ampères-heures, au régime de 1,5 ampère		20
Intensité normale de charge, en ampères		1,5

T. Pausert.

Perfectionnements aux piles électriques, par la Société anonyme Le Carbone (Brevet français 339095 du 12 octobre 1903). — Dans la pile brevetée ici, la prise de courant de l'électrode de zinc traverse l'électrode de charbon tubulaire suivant son axe. En outre, afin d'éviter que l'électrolyte pénètre, par capillarité ou par suite de la porosité, au sein de l'électrode de charbon, et qu'il se produise ainsi des cristaux qui nuisent au bon fonctionnement, on plonge l'électrode de charbon, avant de la monter, dans un bain de paraffine chaude. Bien entendu on enlève ensuite la paraffine sur la surface extérieure de l'électrode qui doit être en contact avec l'électrolyte.

Élément galvanique pour piles à gaz, par H.-J. Keijzer (Brevet français 345118 du 25 juillet 1904). — Les électrodes sont constituées par un corps en matière poreuse conductrice (plus spécialement en charbon) pourvu, sur celle de ses faces qui est baignée par l'électrolyte, d'une couche de platine précipitée par voie électrolytique et qui peut pénétrer plus ou moins à l'intérieur. Dans le charbon positif qui reçoit l'arrivée d'oxygène ou d'air, on interpose un composé métallique se présentant sous deux degrés de combinaison et pouvant passer aisément de l'un de ces degrés à l'autre (par exemple du sulfate ferrique pulvérulent).

Élément galvanique zinc et peroxyde de plomb, avec électrode positive résistant à l'acide, par R. Ziegenberg (Brevet français 346104 du 7 septembre 1904. — Brevet anglais 19266 du 6 septembre 1904). — On sait qu'un des plus grands obstacles qui s'opposent à l'utilisation du zinc dans les accumulateurs est son attaque, même à l'état amalgamé, par l'acide sulfurique. D'après l'inventeur, cet inconvénient serait supprimé en remplaçant le zinc ordinaire par un alliage composé de 94 pour 100 de zinc, 2,5 pour 100 d'étain anglais pur, 1,5 pour 100 de plomb pur et 2 pour 100 de mercure.

Pendant une interruption de fonctionnement de 8 jours, il ne se dissoudrait que 0,85 pour 100 de ce métal et 1,1 pour 100 en 15 jours.

Electrode-nickel pour accumulateur électrique alcalin, par Max Roloff et Harry Wehrlin (Brevet allemand 159393 du 7 juin 1903. *Centralblatt für Accumulatoren*, t. VI, p. 120, 15 mai 1905). — Lorsqu'on mélange les combinaisons oxygénées du nickel à celles de l'argent qui donnent une plus grande capacité, on obtient une électrode dans laquelle le nickel agit le premier en décharge; la réduction de l'oxyde d'argent se fait ensuite sous une tension plus faible. La capacité de l'électrode diminue lorsque baisse la teneur en argent. Cependant on constate que, par une fabrication particulière de la matière active, une proportion de $\frac{1}{20}$ d'atome d'argent pour 1 atome de nickel provoque une capacité plus élevée que celle que l'on pouvait attendre d'après la teneur en argent. Ceci se produit lorsqu'on précipite simultanément l'hydroxyde d'argent et celui de nickel d'un mélange de solutions des sels de ces deux métaux. Tandis que, par l'emploi de l'hydroxyde de nickel vert ordinaire, on n'obtient en moyenne que 0,188 amp.-heure par gramme de nickel, l'hydroxyde de nickel précipité en présence de l'argent donne 0,31 amp.-heure par gramme de nickel. L'électrode, dans ce dernier cas, renfermait 26g,6 de nickel et 2g,6 d'argent. Des mesures ayant montré que l'électrode-argent donne 0,3 amp.-heure par gramme d'argent, on devait avoir ici comme capacité $0,188.26,6 = 5,0$ amp.-heures pour le nickel et $0,3.2,6 = 0,78$ amp.-heure pour l'argent, soit en tout 5,78 amp.-heures, tandis qu'en fait on a obtenu 8,25 amp.-heures. D'après les inventeurs, l'augmentation de capacité $8,25 - 5,0 = 3,25$ amp.-heures doit être attribuée à la modification particulière de l'hydroxyde de nickel qu'ils produisent et qui possède une capacité spécifique plus élevée que l'hydroxyde vert jusqu'ici utilisé.

L'expérience montre d'ailleurs que la capacité élevée ci-dessus indiquée ne s'obtient pas si l'on se contente de mélanger les hydroxydes de nickel et d'argent dans la proportion donnée. Vraisemblablement, l'argent n'agit que comme substance catalytique pour la formation de l'hydroxyde de nickel sous la modification particulière indiquée.

La tension de la nouvelle électrode est la même que celle d'une électrode-nickel simple et reste, comme celle de cette dernière, presque constante depuis le commencement jusqu'à la fin de la décharge. Ceci est encore une preuve que la capacité spécifique de l'argent n'intervient pas à côté de celle du nickel.

Il est possible qu'il se produise ici un processus chimique particulier, ainsi qu'il résulte de l'observation suivante : si l'on ajoute à une solution faiblement alcaline de nickel du nitrate d'argent dans la proportion de $\frac{1}{20}$ d'atome d'argent pour 1 atome de nickel, une addition d'alcali ne précipite pas l'hydroxyde de nickel à l'état vert clair, mais sous la forme d'une poudre noire que l'on peut supposer être une modification particulière de l'hydroxyde de nickel. Au con-

traire, si l'on n'ajoute le sel d'argent qu'après précipitation de l'hydroxyde de nickel vert, la transformation de celui-ci dans la forme noire ne se fait que très difficilement et après un temps long. Il paraît, en outre, qu'une plus grande addition d'argent diminue l'action catalytique trouvée avec de de petites quantités.

La poudre ainsi précipitée est employée, après lavage, dans l'empâtage des électrodes de nickel.

Dispositif de protection des bornes d'accumulateurs, par S.-G. PRINCE (Brevet français 344944 du 19 juillet 1904). — La borne est entourée d'une boîte cylindrique munie d'un couvercle qui laisse passer le conducteur, cette boîte étant remplie d'huile ou d'une autre substance isolante, visqueuse ou solide.

Électrodes pour accumulateurs, par E.-W. JUNGNER (Brevet français 346380 du 20 septembre 1904). — On sait que lorsqu'on fait usage d'oxydes métalliques mauvais conducteurs, tels que les oxydes de mercure, de cuivre, de nickel, de cobalt, de fer, de manganèse, de cadmium, de bismuth, etc., on mélange ces substances à du graphite pour augmenter la conductibilité. Cependant, en employant le graphite en lamelles ou en écailles, le mélange possède encore une résistivité beaucoup plus grande que le peroxyde de plomb et le plomb spongieux.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Jungner dépose sur les cristaux de graphite une couche électrolytique d'un métal indifférent à l'électrolyte alcalin, le nickel par exemple.

A cet effet, les lamelles ou cristaux de graphite sont introduites dans un panier consistant en un réseau très fin de nickel. Ce panier, dont les mailles sont évidemment plus petites que les lamelles de graphite, est disposé au milieu d'un vase et relié au pôle négatif d'une source d'électricité. Le vase renferme un bain de nickel ordinaire et, sur son fond, est disposée l'anode. En faisant passer le courant et agitant de temps en temps, le graphite se recouvre graduellement d'un enduit brillant de nickel. On obtient ainsi du graphite enrobé dans du nickel et possédant un pouvoir conducteur bien plus considérable que le graphite nu. C'est ce graphite enrobé que l'on mélange aux oxydes mauvais conducteurs.

Charge automatique des accumulateurs dans l'éclairage avec dynamos et accumulateurs, par BROWN' BOVERI et Cie (Brevet français 344698 du 23 avril 1904). — L'excitation de la dynamo est réglée ici par un petit moteur électrique dont l'induit est branché aux bornes de cette dynamo et dont l'enroulement inducteur comporte deux bobines distinctes agissant en sens inverse, l'une parcourue par le courant allant à la batterie, l'autre par le courant des lampes. Sous l'influence de ces deux systèmes magnétiseurs à actions opposées, le moteur électrique tourne et actionne le levier du rhéostat de champ de la dynamo jusqu'à ce que les actions magnétisantes des deux bobines s'annulent, c'est-à-dire jusqu'à ce que leurs nombres d'ampères-tours soient devenus égaux. Par conséquent, la batterie d'accumulateurs reçoit dans tous les cas un courant dont l'intensité est dans un rapport déterminé avec le nombre des lampes en service. Le rapport se règle par le nombre de tours des deux bobines.

Afin de mettre les lampes à l'abri de l'élévation de tension qui se produit aux bornes de la batterie suivant l'intensité de courant qui la traverse, on intercale dans le circuit des lampes une résistance telle que la tension des lampes reste constante dans tous les cas. L. J.

Sur une économie dans les conducteurs de réducteurs pour batteries d'accumulateurs, par C. LIEBENOW. Conférence faite le 28 mars à la Société des électrotechniciens de Berlin. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 437, 4 mai). — On sait que dans l'installation d'un réducteur pour batterie on est obligé d'engager une grande quantité de cuivre dans les câbles. En effet, le réducteur ne peut être placé dans la salle des accumulateurs, à cause des vapeurs acides, ce qui augmente la longueur des câbles reliant les éléments de réduction au réducteur; en outre, chacun de ces câbles doit avoir une section suffisante pour pouvoir être traversé par le courant total. Il y a de ce fait une assez grosse dépense supplémentaire d'installation. On peut diminuer cette dépense par un dispositif tel que celui employé à la gare du Nord à Paris. Là on relie, à une extrémité de la batterie, les éléments de deux en deux au réducteur, tandis qu'à l'autre extrémité existe un seul élément de réduction.

L'auteur décrit un procédé plus économique représenté schématiquement par la figure. B est la batterie, Z le réducteur principal, H un réducteur auxiliaire, J_1 et J_2 les conducteurs extrêmes. A droite de la batterie on relie les éléments par groupes de quatre au réducteur. A gauche se trouvent trois éléments de réduction reliés individuellement au réducteur auxiliaire. Dans ces conditions, il est facile de ne faire varier la tension que de 2 volts à la fois. On commencera par manœuvrer uniquement le réducteur auxiliaire. Lorsque la manette de celui-ci aura atteint le plot correspondant au troisième élément, en même temps que l'on continuera la manœuvre de cette manette pour revenir, comme l'indique la figure, sur le plot extrême correspondant au premier élément, on manœuvrera d'un plot le réducteur principal.

Si l'on appelle N le nombre total d'éléments de réduction, n le nombre d'éléments de réduction du réducteur auxiliaire, on a évidemment pour le nombre C de conducteurs

$$C = \frac{N + n^2}{n + 1} + 2. \qquad (1)$$

En différentiant par rapport à n, on obtient

$$\frac{dC}{dn} = \frac{2(n+1)n - (N + n^2)}{(n+1)^2}.$$

Le minimum de C est donné, comme on le voit facilement en égalant à 0 l'expression précédente, par la condition

$$n = \sqrt{N+1} - 1. \qquad (2)$$

C'est en satisfaisant à cette condition que l'on aura la plus faible dépense en câbles.

Les Tableaux suivants ont été établis d'après ces formules; ils donnent le nombre C de conducteurs en fonction de n pour un certain nombre N d'éléments de réduction.

N = 57.		N = 25.		N = 22.		N = 20.	
n.	C.	*n*.	C.	*n*.	C.	*n*.	C.
0	59	0	27	0	24	0	22
1	31	1	15	1	14	1	13
2	23	2	12	2	11	2	10
3	19	3	11	3	11	3	10
4	17	4	11	4	10	4	10
5	16	5	11	5	10	5	10
6	16	6	11	6	10	6	10
7	16	7	12	7	11	7	11
8	16	»	»	»	»	»	»
9	16	»	»	»	»	»	»
10	17	»	»	»	»	»	»

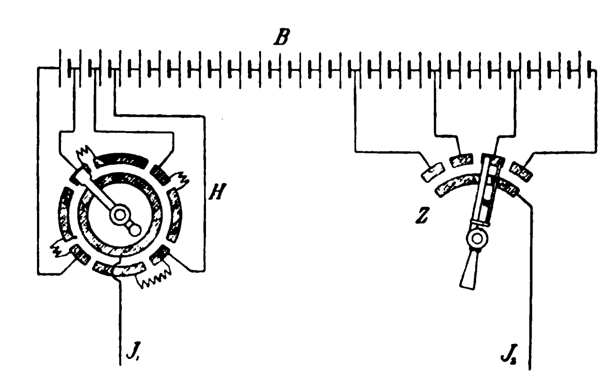
C'est surtout pour les premières valeurs de n que l'on obtient le plus gros avantage. En pratique, pour savoir si l'on a intérêt à aller jusqu'au minimum de C, il faudra faire entrer en ligne de compte les réducteurs et les dimensions des conducteurs afin de se placer dans les conditions où les dépenses totales d'installation sont minima.

L'équation (1) peut se mettre sous la forme

$$(3) \qquad N = (C - 2)(n + 1) - n^2.$$

En différentiant par rapport à n, on trouve que N passe par un maximum pour

$$(4) \qquad C = 2(n + 1).$$



En donnant à n les différentes valeurs 1, 2, 3, ..., on obtient aisément, d'après ces formules, le maximum de N et la valeur de C correspondant à ce maximum. On obtient ainsi les valeurs suivantes :

n.	C.	N.
1	4	3
2	6	8
3	8	15
4	10	24
5	12	35
6	14	48
7	16	63
8	18	80
9	20	99
10	22	120

L'avantage est donc d'autant plus considérable que le nombre d'éléments de réduction est élevé. Pour une installation à 220 volts, comportant 48 éléments de réduction au lieu de 50 câbles que l'on emploie ordinairement, il en suffit ici de 14.

Il en résulte une économie de plusieurs milliers de francs dans une grosse station centrale. L. J.

Vérification expérimentale de la possibilité d'assimiler un régulateur à force centrifuge à un système pendulaire, par MONGIN (Conférence faite le 5 juillet 1905 à la Société internationale des Électriciens). — A l'instigation de M. Boucherot, l'auteur a entrepris des recherches dans le but de déterminer s'il est légitime d'assimiler le régulateur de Watt à un système pendulaire. Il a traité d'abord par le calcul le cas d'un ressort d'une force élastique ε et d'une inertie représentée par une masse μ. Il a calculé ensuite la force élastique fictive qui, dans le régulateur de Watt, ramène le manchon vers la position idéale du régulateur. Ici l'énergie apparente n'est pas constante pendant le déplacement du manchon. — Les résultats du calcul amènent à cette conclusion, que tout se passe comme si la force élastique du régulateur était constante. On peut donc assimiler le régulateur à l'ensemble d'un ressort et d'une masse et, par conséquent, à un système pendulaire muni d'un amortissement.

M. Mongin a vérifié expérimentalement les conclusions du calcul. Il décrit ici le dispositif expérimental employé et présente des courbes qui montrent un accord satisfaisant entre la théorie et l'expérience.

L'assimilation du régulateur au système pendulaire est donc permise quelle que soit la perturbation subie, et notamment quand celle-ci est sinusoïdale. L. J.

Oscillations dues aux régulateurs de moteurs conduisant des alternateurs marchant, ou non, en parallèle, par P. BOUCHEROT (Conférence faite le 5 juillet 1905 à la Société internationale des Électriciens). — M. Boucherot rappelle d'abord que l'expérience a conduit à quelques lois qui sont généralement admises; c'est ainsi qu'on a reconnu l'utilité d'un écart de réglage. Cependant la question n'avait pas encore été jusqu'ici réglée complètement par le calcul. M. de Marchéna a bien, il est vrai, présenté un travail, mais il ne tient pas compte de la fréquence des oscillations, dont l'importance est très grande. — C'est ce calcul complet que M. Boucherot a entrepris après avoir reconnu (*voir* la Conférence de M. Mongin) que le régulateur à force centrifuge peut être assimilé à un système pendulaire. A ce propos, il se pose les deux questions suivantes : 1° Quelles sont les oscillations possibles? 2° Seront-elles convergentes ou divergentes? C'est ainsi qu'il arrive à une première équation de relation de fréquence et à une deuxième équation de relation de convergence. Celle-ci permet de calculer l'amplitude et de déterminer si les oscillations vont en s'amplifiant ou en diminuant. — M. Boucherot présente des courbes montrant la variation du retard de distribution τ_d en fonction de α pour différentes fréquences et lorsque la pulsation du régulateur varie. — La relation de convergence montre bien que l'écart de réglage doit être grand et que le volant doit augmenter avec le retard de distribution pour éviter les oscillations. On trouve aussi, dans le cas des machines isolées, que, au delà d'un certain amortissement, cet amortissement augmente les oscillations de la machine. — Après l'étude du groupe isolé, M. Boucherot fait l'étude du groupe couplé. Il traite le cas où la pulsation propre de l'alternateur est constante et établit la relation de fréquence et celle de convergence avec un amortissement nul. — Enfin, M. Boucherot expose rapidement les faits qui sont actuellement admis et que la théorie permet d'expliquer, et il termine en donnant les résultats d'expériences directes qu'il a faites et qui s'accordent pleinement avec la théorie. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Machines transformatrices : ALLGEMEINE ELEKTRICITATS GESELLSCHAFT. DRP. 162414, 31 déc. 1904 (transformateur biphasé à trois noyaux). — BOAS. DRP. 162116, 3 janvier 1904 (bobine secondaire). — COOPER-HEWITT. BF. 352964, 4 avril 1905 (système de connexions permettant d'employer un appareil à vapeur comme redresseur de courant). — FOREST (DE). DRP. 161898, 4 mars 1903 (transformation des ondes électriques pour télégraphie sans fil). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 15360. 1904 (transformateur). — HASSLACHER. DRP. 161804, 5 déc. 1902 (transformation de courants polyphasés en courants de fréquence différente ou en courants redressés). — HEINICKE. BP. 700, 1905 (transformateur). — HEYLAND. BP. 26791, 1904 (transformateur). — LAHMEYER et C°. DRP. 160412, 12 juillet 1904 (commutatrice monophasée). — *Divers :* STERZEL. DRP. 161979, 12 juillet 1904 (tube Rœntgen pour courant alternatif). — POLYPHOS ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 162369, 6 oct. 1904 (tube de Rœntgen avec diaphragme intérieur).

Divers : SCHNEIDER et Cie. BF. 349911, 11 mai 1904 (dispositif pour régler la tension et la vitesse des dynamos à courant continu). — SESSIONS. USAP. 791220. 18 déc. 1899 (dispositif de protection des survolteurs).

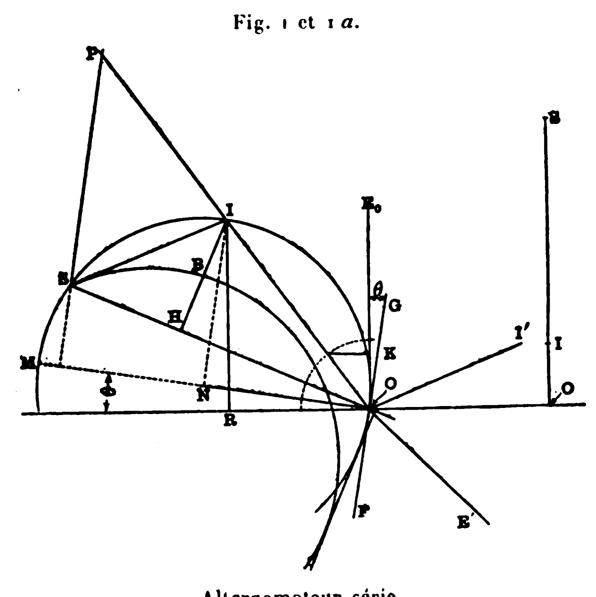
APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Le moteur série à courant alternatif, par F. CREEDY. Communication présentée à l'Institution of Electrical Engineers le 13 avril 1905. D'après *Electrician*, t. LV, p. 21-24, 46-49 et 85-88; 21, 28 avril et 5 mai 1905.

L'auteur traite d'abord de la théorie du moteur série à courant alternatif; il décrit ensuite des expériences entreprises pour vérifier cette théorie; enfin il rend compte d'une étude expérimentale sur la commutation dans ces machines.

Théorie du moteur série à courant alternatif. — Ce moteur se comporte comme une simple bobine de self-induction et il y passe un courant OS (*fig.* 1),

Fig. 1 et 1 *a*.



Alternomoteur série.

OI = intensité; IH = puissance utile; OK = facteur de puissance; SP = vitesse; IR = puissance totale; ON = couple; IB = rendement.

tel que la somme vectorielle de toutes les forces électromotrices existant dans le circuit soit nulle. Quand l'induit se met à tourner, la force contre-électromotrice OE′ produite par la rotation engendre un nouveau courant OI′ qui retarde sur elle d'un angle constant. La résultante géométrique de OS et de SI = OI′ est le courant résultant OI. Le vecteur OE′ est décalé d'un angle $\pi - \theta$ par rapport au vecteur OI, θ étant le petit angle fixe qui correspond aux pertes dans le fer, donc SI, en retard d'un angle constant sur OE′, fait un angle constant avec OI. OS étant constant et OI étant la résultante de OS et de SI, le point I doit se déplacer sur un cercle passant par l'origine. L'angle SIO est égal à l'angle IOI′, et l'angle E_0OS égal à l'angle E′OI′. Donc, puisque OE′ avance sur OI d'un angle $\pi - \theta$, OI′ avance sur OI d'un angle $\pi - \theta - SOE_0$.

Donc $SIO = \pi - (SOE_0 + \theta) = SOF$, la ligne FG faisant un angle θ avec OE_0, ce qui revient à dire que FG est tangente au cercle en O, il est évident que le diamètre mené par l'origine fait le même angle θ avec la ligne correspondant au facteur de puissance nul. Le vecteur SI, proportionnel à la force contre-électromotrice du moteur, est proportionnel au produit de la vitesse par le flux, et, le flux étant proportionnel à OI, SI est proportionnel à $s \times OI$, s étant la vitesse du moteur. Autrement dit, $\frac{SI}{OI}$ est proportionnel à s. La construction suivante permet de représenter la vitesse par un vecteur : menons une ligne SP telle que l'angle OSP = SIO et prolongeons-la jusqu'à sa rencontre avec OI en P. Les triangles OSP et SIO sont semblables, donc $\frac{SP}{OS} = \frac{SI}{OI}$, et, OS étant constant, la vitesse est proportionnelle à SP. De plus, puisque OSP = SIO = SOF, SP est perpendiculaire au diamètre passant par l'origine OM.

Quant au couple, il est proportionnel à $\overline{OI}^2$ et, puisque la puissance utile est le produit du couple par la vitesse, on a

$$\text{Puissance utile} = \overline{OI}^2 \frac{SI}{OI} = SI \times OI.$$

L'auteur emprunte à M. Blondel [1] les constructions suivantes pour la représentation du couple et de la puissance utile. L'angle SIO étant constant, le produit SI × OI est proportionnel à l'aire du triangle SIO, c'est-à-dire à sa hauteur IH, puisque la base OS est constante. Ainsi la puissance utile correspondant à un courant quelconque peut se représenter par le vecteur IH, mené du point I perpendiculaire au vecteur du courant au repos.

De plus, si l'on projette OI sur OM en ON, on a

$$\overline{OI}^2 = OM \times ON,$$

donc le couple est proportionnel à ON, puisque OM est constant.

La puissance fournie est évidemment figurée par IR et, comme la puissance utile est représentée par IH, le rendement se représente par $\frac{IH}{IR}$. On peut l'exprimer linéairement au moyen de la construction suivante : du centre du cercle menons une droite parallèle à IR et prenons sur cette droite un point C (*fig.* 2) situé à une distance déterminée au-dessous du centre du cercle du courant; de C comme centre décrivons un cercle de même dia-

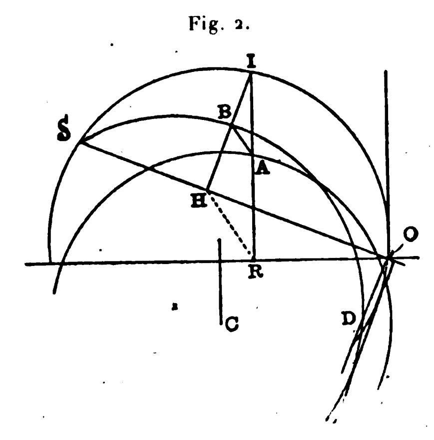
[1] Voir *L'Éclairage électrique*, numéro du 28 novembre 1903.

mètre que le précédent. Le cercle coupe IR en un point A, IA étant égal à la distance des centres. Menons par A une parallèle à HR, coupant IH en B. On a

$$\frac{IB}{IA} = \frac{IH}{IR},$$

et, puisque IA est constant, IB mesure le rende-

Fig. 2.



Moteur série à courant continu.

OI = intensité; $\overline{OI}^2$ = couple; $\frac{SI}{OI}$ = vitesse; $SI \times OI$ = puissance utile; $\frac{SI}{OS}$ = rendement.

ment. Le lieu de B, quand la vitesse varie, est très sensiblement un cercle, comme on peut le vérifier par l'expérience. Ces cercles, dont chacun correspond à une position de C, passent tous par le point S, et sont tangents à une droite menée perpendiculairement à OS et tangente elle-même au cercle du courant en un point voisin de l'origine. Ces conditions permettent de tracer immédiatement un cercle convenable sur le diagramme. Pour avoir l'échelle de la construction, remarquons que si l'on élève en O une perpendiculaire à OS, coupant en D le cercle du rendement, la longueur OD représente un rendement de 100 pour 100 : ceci ressort de l'expression du rendement qu'on trouvera plus loin.

Le rendement se mesure donc par la longueur interceptée entre le cercle du courant et le cercle du rendement, sur une ligne menée par I perpendiculairement à OS. On voit que depuis l'arrêt jusqu'à une vitesse infinie le rendement augmente continuellement, de sorte que, pour un bon facteur de puissance, le rendement est bon aussi. De plus, la construction relative à la puissance utile montre que, pour un facteur de puissance élevé, la puissance utile, quoique ayant passé son maximum, est encore grande. Ces faits expliquent la supériorité du moteur série sur certains autres moteurs monophasés, tels que le moteur à répulsion, dans lesquels, comme le montre le diagramme circulaire, il est très difficile d'obtenir à la fois un bon rendement et un facteur de puissance satisfaisant.

On peut faire des comparaisons intéressantes en construisant un diagramme analogue pour le moteur série à courant continu. A l'arrêt, il y passe un courant $OS = \frac{e_0}{r}$, e_0 étant la tension appliquée et r la résistance du moteur (*fig.* 1 *a*); la tension appliquée est alors équilibrée par la chute ohmique de tension. La rotation de l'induit donnant lieu à une force contre-électromotrice e_1, un nouveau courant $SI = \frac{e_1}{r}$, opposé au courant OS, s'établit. A mesure que la vitesse augmente, le point I se déplace de S vers O sur la ligne OS. Pour les mêmes raisons que dans le moteur à courant alternatif, la vitesse est proportionnelle à $\frac{SI}{OI}$ et le couple à $\overline{OI}^2$. L'expression du rendement est de même

$$\text{Rendement} = \frac{e_1}{e_0} = \frac{SI \times r}{OS \times r} = \frac{SI}{OS}.$$

Le rendement devient donc égal à 100 pour 100 à une vitesse infinie, quand $SI = OS$. Comme dans l'alternomoteur, la puissance utile est maxima quand $SI = OI = \frac{1}{2} OS$. On retrouve ainsi la propriété bien connue du moteur à courant continu : au maximum de puissance utile correspond un rendement de 50 pour 100.

Une recherche analogue pour l'alternomoteur conduit à des résultats bien plus favorables. Ici les seules tensions en phase avec le courant sont la chute ohmique, ir, et $e_1 \cos\theta$, composante de la force contre-électromotrice, θ étant ordinairement très petit. L'expression de la puissance totale est donc $i(e_1 \cos\theta + ir)$ et celle de la puissance utile $ie_1 \cos\theta$ [1]. On a donc

$$\text{Rendement} = \frac{e_1 i \cos\theta}{e_0 i \cos\varphi} = \frac{e_1 \cos\theta}{e_0 \cos\varphi},$$

φ étant le facteur de puissance. Soit z l'impédance totale du moteur, on a $e_1 = SI \times z$ et $e_0 = OS \times z$, d'où

$$\text{Rendement} = \frac{SI \cos\theta}{OS \cos\varphi}.$$

Donc, quand la puissance utile est maxima, le rendement est bien supérieur à 50 pour 100, car, en raison du décalage entre le courant et la force élec-

[1] L'auteur ne tient compte ici que des pertes proportionnelles au carré du courant (effet Joule, courants de Foucault, hystérésis due à l'alternance du flux). Il néglige les pertes par hystérésis dues à la rotation de l'induit, les frottements et la résistance de l'air.

tromotrice, la puissance fournie est bien moindre que celle qu'absorbe le moteur à courant continu dans les mêmes conditions. Pour une vitesse infinie, $\theta = \varphi$, SI = OS et le rendement est 100 pour 100, comme dans le moteur à courant continu.

On voit donc que, en maintenant le point de fonctionnement I au delà du point le plus élevé du cercle de la figure 1, on obtiendra un facteur de puissance élevé, un bon rendement et un rendement spécifique satisfaisant. Voyons maintenant comment on pourra atteindre ce but.

Négligeons la résistance du moteur et le petit angle de décalage θ entre la force contre-électromotrice et le courant. Soient n le nombre des spires inductrices, n_1 le nombre des spires induites entre balais (le nombre total des conducteurs induits est donc $4n_1$), s la vitesse en tours par minute, p la perméance du circuit magnétique principal, ou, autrement dit, le nombre de lignes de force par ampère-tour dans ce circuit (s'il y a plus d'une paire de pôles, p est la somme des perméances de tous les circuits magnétiques en parallèle), p_1 la perméance du circuit magnétique de l'induit, ν le coefficient de fuite magnétique, f la fréquence de distribution en périodes par seconde.

Pour réaliser de bonnes conditions de fonctionnement, il faut rendre grand le rapport $\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}}$; or on a

$$\mathrm{SI} = \frac{\text{force contre-électrom.}}{\text{impédance}} = \frac{4 \times \overline{\mathrm{OI}} \times np \times n_1 \times s}{2\pi f \left[n^2 p\nu + n_1^2 \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 p_1 \right]},$$

car la force contre-électromotrice a évidemment la même expression que dans une machine à courant continu; d'ailleurs, la réactance de l'inducteur est $2\pi f n^2 p\nu . 10^{-8}$ et celle de l'induit $2\pi f \left(\frac{2}{\pi} n_1\right)^2$, le facteur $\frac{2}{\pi}$ s'introduisant ici parce que les flux traversant les spires induites ne s'ajoutent pas algébriquement, mais géométriquement. On voit donc qu'on peut accroître $\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}}$: 1° en augmentant la vitesse; 2° en abaissant la fréquence; 3° par une disposition convenable de l'enroulement.

Si l'on regarde n_1 comme constant, le rapport $\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}}$ deviendra maximum pour une valeur définie de n. Différentiant l'expression ci-dessus par rapport à n et égalant à zéro, on trouve

$$n = \frac{2}{\pi} n_1 \sqrt{\frac{p_1}{p\nu}}.$$

Substituant dans l'expression de $\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}}$, on trouve

$$\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}} = \frac{s}{2f} \sqrt{\frac{p}{\nu p_1}}.$$

Cette expression croît indéfiniment quand p_1 décroît; elle est indépendante du nombre de spires induites. On voit aussi que le maximum de $\frac{\mathrm{SI}}{\mathrm{OI}}$ a lieu quand l'impédance du circuit inducteur est égale à celle du circuit induit. Il y a donc grand intérêt à rendre aussi faible que possible la perméance du circuit magnétique de l'armature. La perméance du circuit magnétique principal doit naturellement être aussi grande et les fuites magnétiques aussi petites que possible. C'est pour diminuer p_1 qu'on munit de pôles saillants l'inducteur des alternomoteurs série, au lieu de le bobiner comme le stator des moteurs d'induction.

L'auteur indique ensuite la méthode à suivre pour établir un projet de moteur série. Nous résumons cette méthode en note [1].

---

[1] Dans un projet de moteur série, les données sont ordinairement les suivantes : puissance utile à pleine charge = W watts; vitesse = s tours par seconde; facteur de puissance supérieur ou au moins égal à $\cos\varphi$; rendement total = η; tension aux bornes = e_0; fréquence = f.

Le courant de pleine charge i sera

$$i = \frac{\mathrm{W}}{\eta e_0 \cos\varphi}.$$

Il faut ensuite trouver la force contre-électromotrice. Nous pouvons négliger ici le petit angle de décalage entre le courant et la force contre-électromotrice. Une équation précédemment établie nous donne

$$(1) \qquad \text{Rendement électrique} = \frac{e_1}{e_0 \cos\varphi}.$$

On fixe empiriquement la valeur du rendement électrique et l'on tire de là e_1.

Pour déterminer le nombre des spires de l'armature, il faut tenir compte : 1° de la force contre-électromotrice exigée; 2° de l'impédance de l'induit; 3° de la commutation. On constate que, à moins de donner de grandes dimensions à la carcasse inductive et une très faible épaisseur à l'entrefer, il est impossible d'obtenir un flux intense. Pour réaliser la force contre-électromotrice exigée, il sera donc presque toujours nécessaire de donner un grand nombre de spires à l'induit. Remarquons d'ailleurs que, pour une intensité de courant et un flux donnés dans un enroulement, la force électromotrice induite est bien plus élevée si le circuit magnétique a une faible perméance que s'il en a une grande; la raison en est que, dans le premier cas, il faudra plus de spires, et que la force électromotrice de self-induction est proportionnelle au carré du nombre des spires, tandis que le flux n'est proportionnel qu'à la première puissance de ce nombre. On voit donc l'intérêt qu'il y a à rendre aussi grande que possible la perméance p du circuit magnétique principal. En raison du grand nombre de spires qu'il faudra généralement donner à l'induit, son impédance sera considérable, à moins qu'on ne réduise p_1, perméance du circuit magnétique de l'armature,

Expériences effectuées sur l'alternomoteur série. — L'auteur a effectué une série d'expériences dans le but : 1° de vérifier l'exactitude du diagramme circulaire décrit plus haut ; 2° l'influence du nombre des spires inductrices sur le fonctionnement du

Fig. 3.

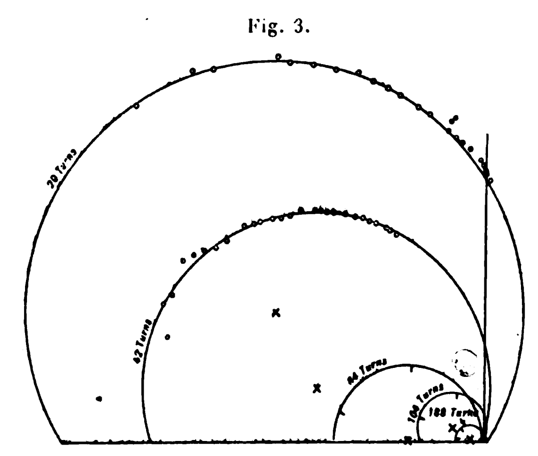


Diagramme montrant l'influence de la variation du nombre des spires inductrices.
5o volts, 25 périodes, 126 spires induites [1].

moteur; 3° l'influence du nombre des spires induites; 4° l'influence de la fréquence. Le moteur employé était une petite machine bipolaire, dans laquelle on pouvait faire varier le nombre des spires de l'inducteur et de l'induit, au moyen de prises disposées à cet effet. Pour déterminer facilement la puissance utile, on accouplait ce moteur à une dynamo.

On a d'abord vérifié l'influence de la variation du nombre des spires inductrices sur le facteur de puissance, etc. Le résultat est représenté par la figure 3. Ces courbes, qui ont toutes été prises à la fréquence 25, sont décrites par l'extrémité du vecteur du courant quand la vitesse varie et correspondent chacune à un nombre différent de spires inductrices. On voit nettement l'accroissement du facteur de puissance, à une vitesse donnée, quand le nombre des spires inductrices décroît, et aussi, naturellement, l'accroissement du diamètre du cercle. Dans ces expériences et dans les suivantes, la vitesse a varié de 600 à 300 tours par minute. L'accroissement du facteur de puissance s'obtient en grande partie aux dépens du rendement.

L'auteur a aussi vérifié la construction du vecteur de la vitesse, indiquée dans la figure 1. Les vitesses mesurées et celles indiquées par le diagramme coïncident exactement.

La construction du vecteur du couple n'a pas besoin de contrôle (puisqu'il est évident que le couple est proportionnel au carré du courant, tant que le circuit magnétique n'approche pas de la saturation); il en est de même pour le vecteur de la puissance totale. Comme la construction de la puissance utile et celle du rendement se déduisent immédiatement des vecteurs du couple, de la vitesse et de la puissance totale, le diagramme circulaire est entièrement vérifié.

Fig. 4.

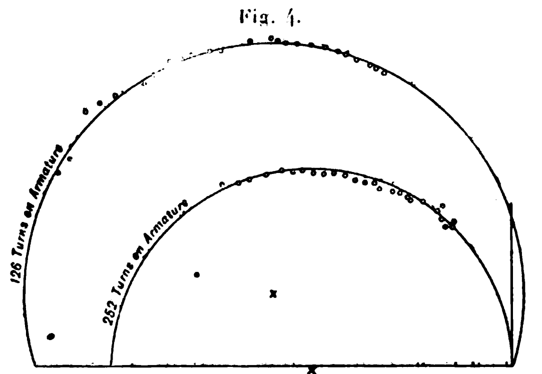


Diagramme montrant l'influence de la variation du nombre des spires de l'induit.
5o volts, 25 périodes, 42 spires inductrices.

Une seconde série d'expériences a montré l'influence de la fréquence sur le fonctionnement du moteur. Comme la théorie le faisait prévoir, la

---

par des encoches pratiquées dans toute la longueur des pôles et par l'emploi d'enroulements compensateurs. Ayant déterminé le nombre des spires de l'induit, on tirera np de l'équation

$$(2) \qquad e_1 = \frac{4 n_1 nisp}{10^8},$$

puis on aura n et p par l'équation

$$(3) \qquad \frac{e_2}{i} = 2\pi f \left[p\nu n^2 + \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 p_1 n_1^2 \right] 10^{-8},$$

où $p\nu n^2 . 10^{-8}$ est le coefficient de self-induction du circuit inducteur et $\left(\frac{2}{\pi}\right)^2 p_1 n_1^2 . 10^{-8}$ celui de l'induit, comme on l'a dit.

Il y a grand intérêt à comparer brièvement le projet d'un alternomoteur et celui d'un moteur à courant continu. Dans l'une et l'autre de ces machines, le nombre des spires induites détermine le flux, et les dimensions de la carcasse inductrice déterminent le nombre de spires à enrouler sur cette carcasse pour obtenir ce flux. Dans l'alternomoteur, dès qu'on a déterminé ces quantités, on a par là même fixé aussi l'impédance de la machine, comme le montre l'équation (3). Au contraire, la résistance du moteur à courant continu n'est pas déterminée par le nombre des spires inductrices et induites; on peut lui donner telle valeur qu'on veut, en augmentant ou diminuant le poids du cuivre.

Dans l'alternomoteur, il y a donc moins de variables indépendantes que dans le moteur série et, par suite, les limites d'une bonne construction sont bien plus étroites.

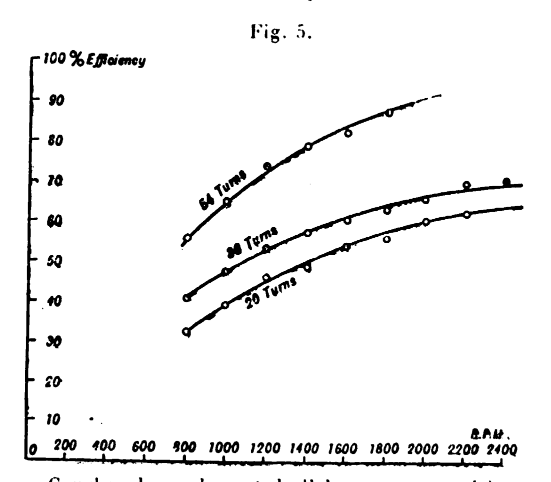
[1] Quand le nombre des spires induites est mentionné dans les diagrammes, c'est le nombre total des spires, et non plus la moitié, comme dans la première partie de cet article.

diminution de la fréquence accroît le facteur de puissance et le diamètre du cercle décrit par le point I.

L'influence du nombre des spires induites se montre dans les deux courbes de la figure 4.

Dans les figures 5 et 6 sont reproduites quelques courbes montrant l'influence du nombre des spires inductrices sur le rendement et la puissance utile. D'après la figure 5, on voit que le rendement à une

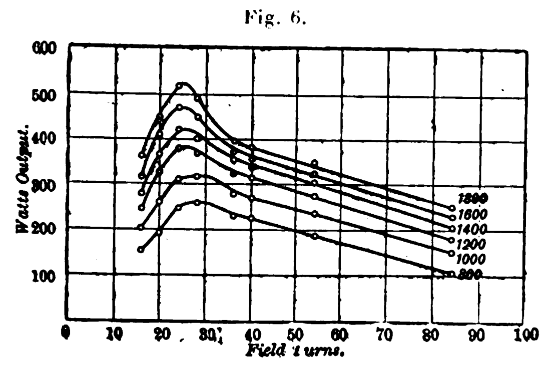
Fig. 5.



Courbes de rendement de l'alternomoteur série.
Efficiency = rendement; *turns* = spires; *R.P.M.* = tours par minute.

vitesse donnée s'élève quand le nombre des spires inductrices augmente, comme l'indique la théorie. Dans la figure 6, on a tracé les courbes de la puis-

Fig. 6.



Field turns = spires inductrices; *watts output* = puissance utile en watts.

sance utile en fonction du nombre des spires inductrices, pour diverses valeurs de la vitesse. On voit que la puissance utile croît assez rapidement de zéro jusqu'à un maximum, puis décroît graduellement à mesure que le nombre des spires inductrices augmente. Il est d'ailleurs évident que la puissance utile doit passer par un maximum, car elle est nulle quand le nombre des spires inductrices est zéro, et nulle aussi quand ce nombre est infini.

La dernière partie de la Communication rend compte de quelques expériences faites sur la commutation dans l'alternomoteur série, au moyen d'un oscillographe Duddell. P. L.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : CHRISTMAS. USAP. 792571, 23 sept. 1904 (moteur). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 10457 et 16108, 1904 (moteur à courant alternatif). — LAMME. BP. 7295, 1905 (moteur à courant alternatif). — MASCHINENFABRIK OERLIKON. BP. 28968, 1904 (moteur monophasé). — PUNGA. BP. 11276, 1904 (moteur monophasé). — SCHÜLER. USAP. 792466 et 792467, 17 juin et 5 juill. 1904 (moteur à courant alternatif). — TORDA. BP. 13264, 1904 (moteur à courant continu). — WAGNER. DRP. 163204, 1er juillet 1904 (moteur). — YOUNG. USAP. 791528, 20 fév. 1904 (moteur). — ZANI. BP. 8227, 1904 (moteur à courant alternatif). — *Démarrage et régulation* : SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. DRP. 161803, 7 sept. 1904; BF. 352749, 27 mars 1905 (appareil de démarrage à cylindre distributeur pour moteurs d'induction).

Electro-aimants : ELEKTRIZITÄTS ACT. GES. LAHMEYER et Cie. BP. 4859, 1905. — SUNDH et LINDQUIST. USAP. 791591, 27 oct. 1904.

Machines et appareils : AUDIBERT. BP. 2187, 1905 (fermeture de sûreté). — BERGTHEIL. BP. 16595, 1904 (ventilateur électrique). — BOWELL. BP. 12375, 1904 (horloge électrique). — CLEAL. USAP. 791536, 26 oct. 1903 (commande électrique des registres de chaudières). — CORNELISON. USAP. 791882, 15 fév. 1905 (thermostat). — EASTWOOD. USAP. 791885, 791886 et 791887, 14 et 16 sept., et 24 oct. 1904 (contrôleur). — ERBEN. USAP. 792012, 23 nov. 1903 (limiteur de vitesse). — GARDNER. USAP. 792257, 17 mars 1905 (avertisseur de niveau d'eau dans les chaudières). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 12623, 15070, 15304, 16260, 16662, 17020 et 17101, 1904 (contrôleur); id. 15465 et 15633, 1904 (appareil de levage). — GRINNELL. USAP. 792258, 11 juillet 1899 (appareil pour valve). — HANDY. USAP. 791461, 19 sept. 1904 (contrôleur). — HANLON. USAP. 791025, 17 fév. 1905. (commande des aiguilles de chemins de fer). — HUNTER. BP. 392, 1905 (contrôleur). — KASPIS (von). USAP. 791797, 23 juin 1904 (sonnerie électrique). — PAYNE. USAP. 791491, 2 fév. 1903 (séparateur magnétique). — RAY. BP. 16418, 1904 (treuils électriques). — REEVE. USAP. 792237, 2 déc. 1904 (avertisseur automatique de niveau d'eau). — SIEMENS, BROS et Cie. BP. 12365, 1904 (telphérage). — THOMPSON. USAP. 791594, 16 mai 1901 (blocksystème électromagnétique). — WALDO et FORSTER. USAP. 790939, 7 janvier 1905 (commande électrique). — WEATHERBY. USAP. 791961, 31 mars 1904 (avertisseur d'effraction). — WEAVER. USAP. 790912, 27 avril 1904 (pompe à incendie électrique). — WILSON. BP. 1384, 1905 (scie électrique).

Signaux : ALGERNON, HAMO, BINYON et BROUSSON. BP. 13709, 1904 (signaux). — LORIMER. USAP. 790966 (indicateur pour signal). — MIXT et GENEST. BP. 13543, 1904 (signaux). — PATENALL et DRYDEN. USAP. 791571, 13 mars 1905 (signal automatique pour chemins de fer). — PHEE (Mac). USAP. 792279, 1er juill. 1904 (signal pour blocksystème électrique). — WOLFE. USAP. 791972, 5 janvier 1905 (signal électrique automatique pour chemins de fer). — WRENN. USAP. 780852, 24 nov. 1903 (signal pour station). — WHITE. USAP. 781319, 781320, 781321, 781322, 2 et 27 février 1904 (signal). — YOUNG. USAP. 781757, 15 nov. 1904 (signal automatique pour chemins de fer). — ZALINSKI. USAP. 782311, 6 sept. 1904 (signal).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Modèle représentant la propagation d'un courant périodique dans un câble téléphonique et théorie simplifiée de son fonctionnement, par J.-A. Fleming. (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 221-230). — Ce modèle se compose d'une série de poulies montées sur un même arbre d'acier. Ces poulies sont excentrées et l'excentricité décroît en progression géométrique et chacune est décalée en arrière du même angle par rapport à la précédente. Sur ces poulies passent des cordes de même longueur, fixées à des boules pouvant se déplacer sur des tiges verticales placées au-dessous. Quand on fait tourner l'arbre, le mouvement des boules donne une image de la propagation d'une onde de potentiel, le long d'un câble téléphonique présentant de la capacité, de la self-induction, de la résistance et des fuites latérales.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Armstrong et Orling. BP. 12372, 1904. — Brown. BP. 13015, 1904. — Deutsche Telephonwerke Stock et Cie, DRP. 162179, 26 juil. 1904 (résistance pour relais téléphoniques). — Heina. USAP. 792264, 12 sept. 1903. — Kitsee. DRP. 162114, 25 fév. 1904 (récepteur pour télégraphe). — Orling. DRP. 162403, 19 oct. 1901 (télégraphie en s'aidant de la terre comme conducteur). — Palmer. USAP. 791491, 25 fév. 1901 (télautographe). — *Télégraphie sans fil :* Drahtlose Telegraphie. DRP. 161828, 18 janv. 1903 (production d'ondes électriques pour télégraphie sans fil). — Fleming. BP. 13736, 1904 (indicateur d'oscillation électrique). — Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie. BF. 353120, 7 avril 1905 (éclateur pour décharges électriques, spécialement pour la télégraphie sans fil). — Hulsmeyer. BF. 352754, 27 mars 1905 (appareil et installation pour la commande indépendante de récepteurs d'ondes hertziennes). — Marconi. USAP. 792528, 27 janvier 1904. — Stone. BP. 25641, 1904. — Troy Telegraph Construction Company. BF. 353112, 7 avril 1905 (récepteur d'ondes électriques).

Téléphonie : Campbell. USAP. 792248, 8 oct. 1904 (bobine d'induction pour circuit téléphonique). — Carrare. USAP. 790952, 12 sept. 1904 (protecteur d'embouchure téléphonique). — Deutsche Telephonwerke Stock et Co. DRP. 162065 et 162066, 20 août et 11 déc. 1904 (téléphone); 162139, 11 nov. 1904 (commutateur). — Ehlich et Konrad. BF. 352956, 4 avril 1905 (dispositif de protection hygiénique pour appareils téléphoniques). — Flechter. USAP. 791892, 3 mars 1904 (transmetteur). — Gramm. DRP. 162178, 14 juil. 1904 (commutateur). — Hamm. DRP. 162406, 9 fév. 1904 (téléphone). — Hardegen. BP. 2982, 1905. — Jacobsen. DRP. 161778, 14 janv. 1904 (commutateur). — Lambert. BP. 16601, 1904. — Lundquist. BP. 4716, 1905. — Merk. DRP. 162064, 30 juill. 1903 (contact pour téléphones automatiques). — Pape. USAP. 791573, 9 nov. 1904 (téléphone pour l'enseignement). — Ronitz. DRP. 162407, 2 sept. 1904 (téléphone à paiement préalable). — Shreeve. USAP. 791655 et 791656, 8 juil. 1904 et 28 fév. 1905 (relais). — Siemens et Halske. DRP. 162238, 27 sept. 1903 (compteur téléphonique). — Snyder. USAP. 791657, 21 mars 1904 (transmetteur). — Wilhelm. USAP. 790945, 4 mars 1902 (transmetteur). — *Divers :* Arnold. DRP. 162404 et 162405, 17 mars 1903 (photophone). — Hellmann. DRP. 162138, 18 août 1903 (vue à distance).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Sur l'accélération du degagement de chlore dans les solutions de chlorate de potassium et d'acide chlorhydrique en présence du platine. Contribution à la théorie de la formation électrolytique du chlorate, par H. Sirke (*Zeitschrift für Elektrochemie,* t. XI, 28 avril, p. 261). On sait que J. Sand a montré que le mécanisme de la formation du chlore dans une solution hydratée de chlorate de potassium et d'acide chlorhydrique est le suivant : les ions-chlorate réagissent d'abord très lentement, même à 70° C., d'après l'équation

$$\overset{-}{ClO^3} + 2\overset{+}{H} + 2\overset{-}{Cl} = \overset{-}{ClO} + 2HOCl.$$

L'acide hypochloreux ainsi produit se met ensuite en équilibre avec l'acide chlorhydrique, sous formation de chlore libre.

A l'instigation du professeur Nernst, l'auteur a recherché l'influence de petites quantités de platine métallique sur la réaction entre le chlorate de potassium et l'acide chlorhydrique en solution hydratée, et il a trouvé que cette réaction est alors accélérée. Comme la présence du platine accélère cette réaction, elle accélère aussi la réaction inverse, c'est-à-dire la formation des ions-chlorate par l'action de l'acide hypochloreux sur les ions-hypochlorite. Ce dernier cas est important à considérer dans l'électrolyse des chlorures alcalins, électrolyse qui se fait presque exclusivement avec des électrodes en platine.

Fœrster et Müller dans leur important travail sur l'électrolyse des solutions de chlorures alcalins ont montré que les ions $\overset{-}{ClO}$ se forment par l'action de Cl^2 obtenu par électrolyse primaire sur H^2O puisque la formation de chlorate a lieu ensuite soit par l'action de décharge anodique

$$(1) \quad 6\overset{-}{ClO} + 3H^2O + 6\oplus \rightarrow 2\overset{-}{ClO^3} + 4\overset{-}{Cl} + 6\overset{+}{H} + 3O,$$

soit par l'action secondaire dans l'électrolyte

$$(2) \quad \overset{-}{ClO} + 2HClO = \overset{-}{ClO^3} + 2H + 2\overset{-}{Cl}.$$

Cependant, étant donnée la faible vitesse de cette dernière réaction, ces auteurs ne croient pas qu'elle puisse suffire à la transformation continue en chlorate de l'hypochlorite fourni par le courant et ils attribuent la plus grande importance à l'équation (1). Les recherches expérimentales de l'auteur prouvant que la présence du platine, soit en feuilles, soit en mousse, soit à l'état de fil platiné, accélère cette réaction (2); c'est là une preuve de sa valeur exclusive pendant l'électrolyse, ainsi que le Dr Finkh l'avait déjà soupçonné antérieurement. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Acheson. DRP. 159282, 10 déc. 1902 (réduction au four électrique). — Atkins. BP. 11470, 1904 (appareil d'électrolyse). — Badische Anilin und Soda Fabrik, BF. 348791, 12 déc. 1904 (four électrique pour la réaction des corps gazeux). — Danilexsky. USAP. 785541, 20 juil. 1901 (procédé pour métalliser les tissus de coton, laine, amiante). — Decker Manufacturing Co. BF. 352029, 3 mars 1905 (récupérateur électrolytique de zinc, magnésium et autres substances en solution acide ou neutre). — General Electric Co. BP. 10381, 1904 (réaction chimique par l'électricité). — King. BP. 28601, 1904 (galvanoplastie). — Leeds Cooper Works et Jobling. BP. 7061, 1904 (galvanoplastie). — Sahlstrom. USAP. 788557, 21 juin 1904 (ozoneur). — Strecker. BP. 21322, 1904 (électrolyse). — Webb. BP. 6832, 1904 (électrolyse). — Weedon. BP. 26922, 1904 (électrodes).

MESURES ET ESSAIS.

Nouvelle méthode pour l'amortissement des galvanomètres, par W. EINTHOVEN (*Ann. der Physik*, t. XVI, p. 20-32, janvier 1905). — La méthode consiste à mettre en dérivation sur les bornes du galvanomètre un condensateur de capacité convenable. L'auteur a appliqué particulièrement ce dispositif à son galvanomètre à corde vibrante.

M. L.

La mesure des hautes températures dans les laboratoires électriques. Un pyromètre facile à construire, par GEORGES ROSSET (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, 1er et 15 février 1905, p. 23 et 37). — L'auteur propose de remplacer le pyromètre Le Chatelier (couple platine-platine rhodié) par un pyromètre plus simple dans les cas où une attaque chimique n'est pas à craindre et où il s'agit de températures moyennes. On constitue un couple à l'aide de fils de fer et de maillechort dont on dispose facilement dans les laboratoires. Ce couple possède l'avantage d'une force thermoélectrique plus élevée que le couple Le Chatelier et donne par conséquent de plus grandes déviations au galvanomètre. Voici d'ailleurs les forces électromotrices calculées en fonction des températures T_1 et T_2 des soudures froide et chaude.

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS C.			FORCE électromotrice, en volts.
T_1.	T_2.	$t_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$.	
20	100	40	0,001776
18	218	100	0,004237
20	420	200	0,008198
18	655	318	0,011148
20	800	390	0,012702

Au lieu d'un galvanomètre, on peut faire usage simplement d'un ampèremètre à shunt Chauvin et Arnoux. Ces ampèremètres ont une résistance totale de 0,4 ohm et un courant de 50 milliampères suffit pour la déviation totale. En supposant une résistance du couple de 0,4 ohm, on aura pour une température T_2 de 218°, mesurable encore au thermomètre à mercure, $I = \frac{0,004}{0,8} = 0,005$ ampère. La déviation sera donc de 10 divisions (l'échelle étant divisée en 100 parties). Comme on peut apprécier facilement un quart de division, la précision sera donc de 5°C. — L'auteur a fait des essais avec deux couples fer-maillechort, l'un (I) avec des fils de 1mm de diamètre, l'autre (II) avec des bandes de 10 × 0,4 — 0,5mm. Dans l'étalonnage, il a obtenu les valeurs suivantes :

BAIN EMPLOYÉ.	TEMPÉRATURE correspondante en degrés C.	DÉVIATION en divisions de l'échelle	
		Couple I.	Couple II.
Eau bouillante........	100	3,66	4,50
Naphtaline bouillante.	218	8,75	10,75
Zinc en fusion........	420	15,50	20
Aluminium en fusion..	655	23,75	32
Chlorure de sodium en fusion..............	800	28,66	43,25

En appliquant ce couple à la détermination du point de fusion des alliages de plomb et d'antimoine employés dans la coulée des grilles d'accumulateurs, l'auteur montre qu'il se produit un alliage bien défini, ainsi qu'on le voit d'après le Tableau suivant :

SUBSTANCE EMPLOYÉE.	DÉVIATION en divisions de l'échelle.	POINT DE FUSION ou d'ébullition.
Eau bouillante...........	3,66	100° C.
Fusion du plomb dur des grilles d'accumulateurs (8 à 10 pour 100 Sb) ...	10	Alliage défini de plomb et d'antimoine 255° C.
Fusion de 90 Pb et 10 Sb..	10	
» 80 Pb » 20 Sb..	10	
» 75 Pb » 25 Sb..	10	
» 70 Pb » 30 Sb..	10	
» 50 Pb » 50 Sb..	10	
» du plomb pur.....	12,66	335° C.
» de l'antimoine pur.	16,33	440° C.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. BF. 351580, 17 fév. 1905 (pivot pour l'extrémité supérieure de l'arbre de compteurs d'électricité à moteurs) ; ID. 351581, 17 fév. 1905 (disposition de balais pour compteurs d'électricité); ID. 353152, 8 avril 1905 (dispositif pour tenir propre pendant la marche le commutateur dans les compteurs moteurs); DRP. 162008, 8 mars 1904 (compteurs); BP. 11532, 12545 et 15879, 1904 (compteur à prépaiement). — ARCIONI. DRP. 162415, 3 sept. 1904. — ARMENGAUD. BF. 352550, 18 fév. 1905 (compteur pour courants continus et alternatifs). — ATKINSON. BP. 11093, 1094. — BECKER. DRP. 162468, 16 juillet 1904. — BLATHY. BP. 493, 1905. — BUSCH. BF. 352566, 18 mars 1905 (champ dans les compteurs d'électricité) ; DRP. 11 déc. 1904 (compteur). — COMPAGNIE CONTINENTALE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS A GAZ. BF. 351570, 16 fév. 1905 (compteur d'induction à décalage). — COX. USAP. 791673, 2 mars 1903 (compteur dont la partie mobile est entièrement noyée dans le mercure). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 14740 et 16663, 1904. — GRIESBACH. BP. 10502, 1904 (compteur à prépaiement). — HECK. DRP. 162068, 13 déc. 1904 (commutateur pour compteurs à tarifs multiples). — LUX. USAP. 786823, 29 nov. 1902. — MORCK. DRP. 160498, 6 mars 1904 (compteur Ferraris). — MORDEY et FRICKER. BP. 15704, 1904. — THOMSON-HOUSTON (Cie). BF. 351603, 20 fév. 1905 (perfectionnement aux compteurs à tarifs multiples); BP. 10882, 1904. — UNION ELEKTRIZITAETS GES. BP. 11233 1904. — VENNER. BP. 10081, 1904. — WOODSTOCK SYNDICATE LD. DRP. 161366, 10 août 1904 (compteur électrolytique). — ZWIETUSCH et Cie. 161611, 31 janv. 1899 (compteur automatique).

Instruments de mesure : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 161244, 13 déc. 1904 (enregistreur). — ARCIONI. BF. 352101, 16 fév. 1905 (amortisseur à air pour instruments de mesures électriques). — BRISTOL. BP. 2934, 1905. — CONRAD. BP. 923, 1905. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 13360 et 16409, 1904. — HARTMANN et BRAUN. DRP. 161836, 4 oct. 1904. — HEINRICH. DRP. 161245, 30 nov. 1904 (dispositif pour la mesure des courants par la méthode de compensation). — HUGHES. BP. 13527, 1904. — KRUGER. DRP. 162067, 11 déc. 1904 (appareil d'essai des tôles).

DIVERS.

Sur le pouvoir inducteur spécifique des métaux, par A. Broca (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1677, 26 juin, et t. CXLI, p. 24, 3 juillet). — Dans un travail antérieur analysé ici (t. III, 30 mai, p. 313), MM. Broca et Turchini montraient que la formule donnée par Lord Kelvin pour le calcul de la résistance d'un fil traversé par un courant alternatif n'est pas vérifiée expérimentalement lorsque la fréquence varie de 142000 à 3800000 (et non 380000, comme une erreur d'impression nous a fait dire dans l'analyse de ce travail). — M. Broca montre dans la première des Notes qui nous occupent que, si l'on tient compte du courant de déplacement de Maxwell dans le conducteur qui forme le fil, c'est-à-dire si l'on part des formules

$$u = c\mathrm{P} + \frac{k}{4\pi}\frac{d\mathrm{P}}{dt}, \qquad \Delta\mathrm{P} = 4\pi c\frac{d\mathrm{P}}{dt} + k\frac{d^2\mathrm{P}}{dt^2},$$

on trouve pour le rapport de la résistance R_a en courant alternatif à la résistance R_c en courant continu des nombres concordant avec ceux que donne l'expérience. Quoique cet accord ne soit bon que si l'on fait certaines hypothèses ne s'imposant pas nécessairement, M. Broca croit cependant pouvoir en conclure que pour les fréquences d'environ 10^6 le pouvoir inducteur spécifique du cuivre est de l'ordre de 10^{11} et qu'il décroît quand on dépasse la fréquence 3.10^6. — Dans la seconde Note, M. Broca montre que cette valeur considérable du pouvoir inducteur n'est pas incompatible avec les résultats expérimentaux de Rubens sur la réflexion métallique.

Appareil et méthode de mesure des coefficients d'aimantation, par G. Meslin (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1683, 26 juin). — L'appareil est constitué par l'association d'une balance de torsion et d'un électro-aimant; le corps à étudier est placé entre les deux pôles de l'électro-aimant dans un petit tube vertical fixé à une extrémité d'une longue aiguille horizontale dont l'autre extrémité porte un micromètre visé par un microscope; cette aiguille est suspendue par un fil fin. La méthode est caractérisée par ce fait que les deux bobines, munies de pièces polaires convenables, ne sont jamais excitées simultanément, mais l'une après l'autre et tout spécialement pour fixer la position du corps en expérience; d'autre part une étude méthodique du champ permet de connaître l'action exercée en chaque point sans qu'il soit nécessaire d'équilibrer cette action par une torsion convenable pour ramener le corps à sa position initiale; on évite ainsi d'avoir à déplacer un limbe gradué, déplacement qui produit un ébranlement nuisible à l'exactitude des mesures. — Pour faire une mesure on met le corps à peu près au milieu de l'espace séparant les pièces polaires et l'on note la division n du micromètre correspondant à cette position initiale; ensuite on excite successivement les deux bobines et l'on note les divisions n' et n'' correspondant aux deux positions d'équilibre; on en déduit les déviations $x' = n - n'$ et $x'' = n'' - n$. Si ces deux déviations sont égales, la mesure est correcte et ses résultats peuvent être comparés à ceux d'une mesure également correcte faite sur un autre corps. Si au contraire les déviations x' et x'' sont inégales, c'est que la position initiale du corps ne correspondait pas rigoureusement au milieu de la distance séparant les pièces polaires et les résultats de la mesure ne pourraient alors être comparés à ceux d'une autre. En agissant sur le fil de suspension on s'arrange de manière que la position initiale corresponde plus exactement au milieu de l'entrefer; généralement on n'y parvient pas rigoureusement et l'on obtient deux nouvelles déviations x'_1, x''_1 inégales; mais en construisant deux courbes représentant x' et x'' en fonction de n, le point d'intersection de ces courbes donne la valeur de n et la valeur de x' ou x'' correspondant à la position rigoureusement médiane. — On remarquera que le procédé de mesure ne dispense pas de toucher au fil de suspension et n'empêche pas par suite tout ébranlement du corps; mais cette opération se fait *avant* la mesure des deux déviations x' et x'' et ne peut par conséquent affecter l'une plus que l'autre.

Propriétés magnéto-optiques du fer ionoplastique, par L. Houllevigue et H. Passa (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 29, 3 juillet). — Les lames transparentes de fer, placées dans un champ magnétique $\mathcal{H}$ normal à leur plan, transforment une vibration polarisée rectilignement qui les traverse en une vibration elliptique dont les deux axes présentent un certain rapport que nous désignerons par tang φ et dont le grand axe forme avec le plan de la vibration incidente un certain angle ρ. Les auteurs ont déterminé les valeurs de φ et de ρ pour trois pellicules de fer obtenues par ionoplastie et soumises à des champs allant de 5000 à 20000 unités. Des résultats de leurs mesures on peut conclure : 1° la rotation ρ est proportionnelle à l'épaisseur des plaques ($21^{\mu\mu}$, $35^{\mu\mu}$, $53^{\mu\mu}$); 2° elle augmente avec le champ, mais moins vite que celui-ci; 3° l'ellipticité ou tang φ ne croît pas non plus proportionnellement au champ; comme ρ, elle tend nettement vers une limite qui paraît devoir être atteinte au voisinage de $\mathcal{H} = 30000$; 4° φ varie très peu, à champ égal, avec l'épaisseur de la lame traversée; il paraît cependant augmenter un peu avec l'épaisseur; en tout cas il reste acquis que l'ellipticité de la lumière transmise est un phénomène d'origine superficielle, tandis que la rotation varie comme l'épaisseur : toutefois ces deux effets semblent liés l'un avec l'autre et avec l'état magnétique du fer; ce résultat est favorable aux vues théoriques de Righi, qui considère l'ellipticité de la lumière transmise comme due à l'inégalité des pouvoirs réflecteurs des deux circulaires inverses qui se propagent dans la lame; 5° le fer ionoplastique paraît avoir sensiblement le même pouvoir rotatoire que le fer obtenu par électrolyse (200000° pour 1^{cm} d'épaisseur et pour la lumière jaune); mais il n'atteint pas ce maximum aussi vite : alors que, d'après Kundt, le fer galvanoplastique fournit des valeurs invariables de ρ à partir de $\mathcal{H} = 20000$, toutes les expériences des auteurs ont manifesté que, pour cette valeur du champ, le fer ionoplastique était loin d'avoir atteint l'état de saturation.

Mesure des coefficients d'aimantation et étude du champ magnétique, par G. Meslin (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 102, 10 juillet). — Dans la Note sur le même sujet analysée plus haut, il est dit que, pour que les résultats des mesures sur deux substances différentes soient comparables, les deux substances doivent être amenées dans la même position initiale. A la vérité c'est la position finale qui devrait être la même puisque l'aimantation dépend de la valeur du champ en cette position finale. Dans la Note qui nous occupe, M. Meslin démontre que la première assertion est cependant exacte, car on peut déduire, des déviations observées à partir d'une même position initiale, les déviations que l'on obtiendrait en arrivant à la même position finale. Cette déduction peut dans tous les cas se faire assez aisément; elle est encore plus facile dans certaines conditions, dépendant de la forme des pièces polaires et qui se trouvaient précisément réalisées dans les mesures de M. Meslin. Nous n'insisterons pas sur les considérations mathématiques qui permettent à l'auteur de démontrer ces divers points, renvoyant pour plus de détails à la Note originale.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

L'industrie de l'or, par L. GRANDERYE. Un volume, format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 158 pages, 15 figures, de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché $2^{fr},50$, cartonné 3^{fr}.

L'industrie de l'or intéresse les électriciens à un double point de vue : installations de moteurs électriques pour la mise en marche des divers appareils mécaniques utilisés dans cette industrie, installations électrolytiques pour la précipitation de l'or dissous dans les solutions de cyanure de potassium. Aussi la lecture de l'Aide-Mémoire que M. Granderye vient de publier sur cette industrie, les intéressera-t-elle en leur donnant une idée générale des procédés utilisés aujourd'hui dans les placers les plus importants aussi bien que dans les « installations de fortune ».

Dans un premier chapitre, l'auteur retrace rapidement l'historique des principaux gisements, indique la répartition de la production de l'or, fait connaître la nature des gisements aurifères et expose la théorie de la formation des filons. Le second chapitre traite de l'extraction et de la préparation mécanique des minerais; le troisième et dernier nous initie aux divers procédés d'extraction : procédés mécaniques (battée, berceau, sluice), procédés physiques (amalgamation et fusion), procédés chimiques (chlorurateur, et cyanuration). En appendice ont été résumées quelques Notes sur l'essai des minerais d'or, sur l'affinage, etc. J. B.

Le vanadium, par P. NICOLARDOT, capitaine d'artillerie. Un volume, format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 180 pages, de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché $2^{fr},50$, cartonné 3^{fr}.

Le vanadium, métal connu seulement des savants il y a quelques années, est aujourd'hui largement employé en métallurgie pour communiquer à l'acier, aux bronzes et aux laitons certaines qualités mécaniques. C'est d'ailleurs l'électricité qui a été la cause principale de cette extension de la consommation, soit directement en permettant de fabriquer facilement au four électrique des ferro-vanadiums ou des cupro-vanadiums contenant de 15 à 20 pour 100 de vanadium, soit indirectement, en produisant à bon marché l'aluminium nécessaire à la fabrication de ces mêmes alliages par l'aluminothermie.

L'ouvrage de M. Nicolardot nous apprend que le vanadium, quoique considéré jusqu'ici comme un métal rare, est en réalité très répandu; décrit les procédés d'exploitation anciens et modernes de ses minerais; fait connaître les divers usages de ce métal et insiste principalement sur son emploi en métallurgie à la suite des travaux de Hélouis et d'Arnold; indique les procédés de fabrication des ferro-vanadiums et des cupro-vanadiums; montre les difficultés rencontrées dans la préparation du métal lui-même; enfin résume fort clairement les travaux entrepris par Arnold, Hadfield et Guillet, en vue de reconnaître l'action des divers éléments et en particulier du vanadium sur les qualités de l'acier. J. B.

Les fours électriques et leurs applications industrielles, par Jean ESCARD, avec préface de H. MOISSAN. Un volume, format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 528 pages, 221 figures. Vve Ch. Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, éditeur. Prix : broché 18^{fr}, cartonné $19^{fr},50$.

En publiant cet ouvrage, l'auteur s'est principalement proposé de mettre dans la main des ingénieurs et des industriels un traité qui puisse complètement les renseigner sur les industries électrothermiques, qui, bien que ne datant que de vingt ans à peine, ont pris en France et à l'étranger une extension considérable.

L'appareil qui sert de base est le *Four électrique*, qui permet d'obtenir des températures oscillant entre 2000° et 3500° et qui, resté longtemps confiné aux recherches de laboratoire, a pénétré dans les foyers industriels.

M. Escard s'est surtout attaché à établir, d'une manière précise et aussi technique que possible, les avantages que présente le Four électrique sur les procédés habituellement employés, dans la métallurgie. Il a traité avec détail l'Électro-sidérurgie ou fabrication électrothermique du fer et de l'acier, qui est réalisée aujourd'hui d'une façon si parfaite qu'elle tend à se substituer à l'usage du haut fourneau ordinaire et du convertisseur. Les procédés Keller, Gin, Stassano, etc., ont été étudiés et décrits avec le plus grand soin.

Les industries électrothermiques spéciales sont aussi étudiées à fond. Le verre, le carborundum, le siloxicon, le phosphore, l'arsenic, la baryte, etc., sont autant de corps que l'on prépare aujourd'hui avec la plus grande facilité au four électrique.

Cet ouvrage est surtout remarquable par l'ordre et le grand nombre d'industries récentes qui y sont décrites. La question de l'utilisation de l'énergie électrique comme source de chaleur a été envisagée dans toute son ampleur, et les industriels y trouveront tous les renseignements qui touchent au domaine de l'Électrothermie.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Sociétés savantes et techniques.

Académie des Sciences. — Les Notes présentées aux dernières séances de cette Société sont analysées p. 62.

Société internationale des Électriciens. — Nous donnons p. 54 les comptes rendus des communications faites à la dernière séance de cette Société.

Informations diverses.

Transmission. — Une importante usine pour la transmission de l'énergie par l'électricité vient d'être construite dans les environs de Kykkelsrud (Norvège) sur les bords du Glommen. Elle renferme actuellement deux groupes électrogènes de 2200 kilowatts chacun, deux de 220 kilowatts et un de 370 kilowatts, ces derniers pour l'excitation, l'éclairage de la station, etc. On se propose d'installer plus tard 8 unités de 3700 kilowatts, ce qui élèvera la puissance installée à 39000 kilowatts, dont 32000 kilowatts seulement pourront être utilisés à la fois en eaux moyennes, le reste servant de réserve; à ce moment cette station hydraulique sera la plus puissante de l'Europe. Les deux génératrices actuelles donnent des courants triphasés à 5000 volts, 50 périodes; elles tournent à 150 t : m, possèdent 40 pôles, 3 encoches par phase et par pôle; leur rendement est de 96 pour 100. Des transformateurs à isolation par l'huile et refroidissement par l'eau élèvent la tension à 20000 volts. La ligne de transmission a environ 90^{km}; elle passe en majeure partie dans des terrains de labour; dans les bois les arbres sont abattus jusqu'à une distance de 15^m à 20^m des poteaux; on a employé généralement des poteaux en bois de $12^m,50$, mais, dans les courbes, les passages des voies ferrées, on a placé des pylones de 13^m à 19^m enfoncés de 3^m dans des soubassements en béton.

Applications mécaniques. — Les carrières de Saint-Triphon, situées dans la vallée du Rhône, en Suisse, près du lac de Genève, utilisent pour la mise sur wagons des blocs de marbre un pont roulant électrique qui n'a pas moins de $47^m,40$ de long et $10^m,80$ de hauteur. Le chariot du pont roulant est muni de deux moteurs Thury, l'un de 5 chevaux pour l'avancement, l'autre de 14 chevaux pour le levage. L'ensemble du pont roulant est mis en mouvement sur deux voies parallèles, écartées de 30^m, au moyen de quatre moteurs de 7,5 chevaux, un par pilier, accouplés deux à deux par des tiges rigides. L'énergie électrique est fournie par l'usine hydraulique de Grande-Eau qui alimente également un petit chemin de fer électrique de 1^{km} chargé de transporter les blocs de marbre à la station la plus proche.

Traction. — D'après une conférence faite par M. Chambers à l'Automobile Club de Londres, la voiture électrique présente aujourd'hui une aussi grande sécurité de fonctionnement que les autres systèmes de voitures automobiles : dans un garage de Londres on n'a relevé, pendant les 6 derniers mois, que 61 dérangements pour 254800^{km} parcourus, et seulement 25 d'entre eux ont nécessité l'intervention d'un mécanicien spécial. Le prix de revient annuel de la voiture de luxe est moins élevé que celui de la voiture à chevaux de même luxe; le prix de la tonne-kilométrique est moins élevé que pour toute autre automobile; le prix du renouvellement de la batterie est à peu près égal ou même un peu plus faible que celui de l'entretien des pneumatiques. Le conférencier pense que l'électromobile ne pourra jamais être utilisée pour les longs voyages alors même que la capacité massique de l'accumulateur serait augmentée de 50 pour 100 et le pays couvert de stations de charge. Par contre la voiture électrique se prête bien au service urbain de livraison, et elle est tout indiquée pour le service des ambulances. D'après l'insuccès des tramways à accumulateurs, il est peu probable que l'omnibus de l'avenir soit actionné électriquement. Quant à la voiture électrique de louage, elle peut réussir, mais difficilement dans les conditions actuelles.

Télégraphie sans fil. — Le gouvernement des États-Unis a concédé à la Société de télégraphie sans fil de Berlin la construction d'une importante station de télégraphie sans fil à la Nouvelle-Orléans. Elle sera installée d'après le système Telefunken et devait être prête à entrer en service fin juillet. La portée de la nouvelle station est de 600^{km}; mais si, au bout de quelque temps, le service se montre satisfaisant, on accroîtra cette portée à 2000^{km}. La Nouvelle-Orléans pourrait ainsi entrer en relation directe avec Colon.

— D'après l'*Electrician* du 30 juin 1905, les trains express circulant entre Chicago et Saint-Louis doivent recevoir des dispositifs de télégraphie sans fil, au moyen desquels seront expédiés aux voyageurs les cours des marchés, les télégrammes et autres nouvelles, en même temps que des ordres et des instructions aux employés. On utilisera le système de Forest. Dans les essais préliminaires, on a pu faire des observations intéressantes. Ainsi, les signaux arrivaient avec la plus grande intensité lorsque le train se déplaçait perpendiculairement à la direction de la station transmettrice (Saint-Louis) et l'intensité décroissait d'autant plus rapidement que le train se rapprochait de cette direction. Si le train avait à passer des ponts avec constructions métalliques élevées, il se produisait un effet d'écran et les signaux devenaient confus. Au contraire, le voisinage de l'eau était extrêmement favorable pour la réception des ondes; de même le passage du train sur un remblai élevé. Les comptes rendus ne disent rien de l'espèce d'antenne employée.



Tome IV. **N° 39. — 15 août 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

LA COMMANDE DES TRAINS ÉLECTRIQUES DU MÉTROPOLITAIN DE PARIS.

SYSTÈMES A UNITÉS MULTIPLES WESTINGHOUSE.

Nous avons, dans de précédents articles, donné la description, d'abord du système Thomson-Houston à double unité [1] employé au début sur les lignes n°s 1 et 2 du Métropolitain et encore maintenant sur la ligne n° 2, puis du système à unités multiples Thomson-Houston [2] appliqué ensuite par cette Compagnie sur la ligne n° 3 et la ligne n° 1.

Nous allons décrire aujourd'hui le système à unités multiples Westinghouse, employé sur le Métropolitain, de concert avec le Thomson-Houston [3].

Le système Westinghouse, qui a été mis en service sur le Métropolitain en même temps que le Thomson-Houston décrit dans un précédent article, n'est pas comme ce dernier un système à unités multiples à commande directe, c'est-à-dire que la manœuvre du manipulateur, qui agit comme dans le Thomson-Houston sur des circuits *électriques* de commande, ne provoque pas directement la mise en action des organes de couplage et de combinaison (les contacteurs dans le système Thomson-Houston); c'est un système à commande indirecte parce que la manœuvre du manipulateur agit seulement pour gouverner la marche des servo-moteurs à air comprimé, lesquels à leur tour actionnent les appareils effectuant les divers couplages de moteurs et de résistances.

La différence essentielle entre les deux sys-

(1) Voir *La Revue électrique,* t. III, 30 avril 1905, p. 260.

(2) Voir *La Revue électrique,* t. III, 15 mai 1905, p. 260.

(3) Nous ne décrirons pas le système Sprague appliqué depuis peu à un petit nombre de voitures du Métropolitain parce que ce système, le plus ancien des dispositifs de commande à unités multiples, est bien connu (voir *L'Éclairage électrique,* t. XXX, 29 mars 1902, p. 453 et *Bulletin de la Société Internationale des Electriciens,* 1903, p. 138). Nous ferons seulement, à la fin de cet article, la comparaison de ce système avec les deux autres, Thomson multiple et Westinghouse.

tèmes c'est que dans le Thomson-Houston le courant électrique de *commande* mis en jeu par le manipulateur a la même tension de 500 volts que le courant principal des moteurs parce qu'il est *en même temps* courant d'*actionnement* des organes de combination (les contacteurs) et que pour remplir cette fonction il doit développer une puissance relativement forte pour laquelle une tension élevée est utile; dans le Westinghouse, au contraire, le courant électrique mis en jeu par le manipulateur [1] n'ayant pas à *actionner* les organes de combination mais seulement à les *gouverner* à l'aide de soupapes électromagnétiques montées sur les servo-moteurs pneumatiques et dont le déplacement ne demande qu'une puissance infime, on peut se contenter d'un courant de tension très faible, 14 volts au lieu de 500. Il en résulte évidemment une plus grande facilité d'isolation des organes électriques du système : câbles et électro-aimants du circuit de commande, d'où établissement et entretien moins onéreux, ainsi que plus grande sécurité de ces organes électriques. Par contre on introduit dans le système une canalisation et des appareils à air comprimé, sujets eux aussi en principe à incidents; mais les partisans de l'air comprimé affirment que les organes pneumatiques sont si robustes qu'en réalité ils sont très peu sujets à dérangements et fuites [2].

Le système Westinghouse a passé par deux phases successives : dans le dispositif employé tout d'abord, par exemple sur le chemin de fer de la Mersey en 1902, l'appareil de combination était comme dans le système Sprague, un cylindre *unique* du type ordinaire des combinateurs de tramways. Dans un dispositif plus récent, le seul employé maintenant par la Compagnie Westinghouse dans toutes ses nouvelles installations, les combinaisons de circuit sont effectuées par une série d'appareils de contact ou *contacteurs*, comme dans le système Thomson-Houston à unités multiples, mais avec cette différence que l'actionnement est pneumatique au lieu d'être électrique. L'avantage du nouveau dispositif sur l'ancien c'est que l'on peut, en se servant de pistons séparés à longue course comme contacteurs, obtenir des contacts électriques à ruptures beaucoup plus longues que dans le combinateur où les contacts nombreux que l'on doit établir sur la périphérie du cylindre sont forcément rapprochés [1].

Quoique le Métropolitain ne fasse usage que du système nouveau Westinghouse, nous croyons utile de donner brièvement, ne serait-ce qu'à titre historique, la description du système ancien qui comporte des organes tout à fait différents, à l'exception de l'inverseur qui est presque semblable.

Système Westinghouse ancien à unités multiples. — La figure 1 représente le schéma des appareils dans le cas où les voitures sont munies à chaque bout d'un poste de manœuvre comprenant un manipulateur M_1 ou M_2 relié aux 7 fils d'une canalisation générale 1, 2, 5, 6, S, B, P, terminée à chaque extrémité de la voiture par une platine d'accouplement D à 7 trous.

Le *manipulateur* M_1 ou M_2 est constitué par un cylindre analogue à celui des combinateurs ordinaires de tramways mais beaucoup plus petit, parce qu'il n'est parcouru que par un courant de quelques ampères au lieu d'une centaine et que ses pièces n'ont besoin que d'un isolement très modéré, établi pour une tension de 14 volts au lieu de 500. Il gouverne l'envoi dans l'inverseur et dans les électro-aimants commandant les cylindres du combinateur d'un courant de commande de 2,5 ampères fourni par l'une des 2 *batteries* A_1 ou A_2 de 7 accumulateurs [2].

Selon que l'on tourne à droite ou à gauche d'un cran correspondant à la position préparatoire le

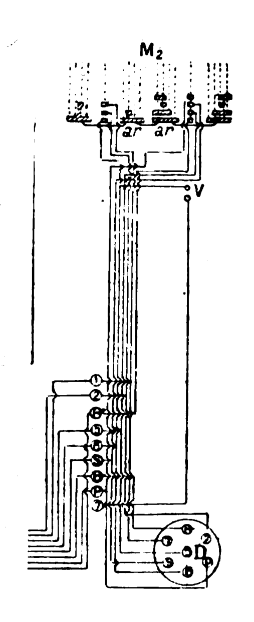
[1] M. Auvert a imaginé un système de commande indirecte à unités multiples, appliqué sur la ligne du Fayet à Chamonix, dans lequel l'air comprimé constitue non seulement le fluide d'*actionnement* du servo-moteur, mais aussi le fluide de *commande* du servo-moteur électrique à la place de l'électricité du Westinghouse.

[2] La fourniture du courant de commande par une source *indépendante* de la ligne électrique constitue, à notre avis, plutôt un inconvénient qu'un avantage, car les accumulateurs, de très faible importance électrique il est vrai, alimentant ce circuit de commande, ont besoin, comme tous leurs congénères, de soins attentifs.

[1] On peut établir également, à l'aide de solénoïdes électriques, des contacts à longue rupture, mais la chose est plus aisée à réaliser avec des contacteurs pneumatiques.

[2] Pendant que l'une des batteries fournit le courant de commande, l'autre est en charge sur le courant de ligne avec intercalation des lampes L_4 servant à l'éclairage de la voiture. On intervertit de temps en temps le rôle des 2 batteries à l'aide d'un commutateur L_3.

le manipulateur au second à la position de marche, et anœuvre unique a pour effet omatiquement à un combina-



)end que de l'ajustement des me pneumatique actionnant le i-ci ne risque donc pas dé par une mise en marche trop peut retarder cette mise en à un couplage intermédiaire e vitesse inférieure à la pleine iction peut dans certains cas

circuit de commande se trouve 'ert parce que la tige H n'établit lu fil commun g'.

mandées par 2 électro-aimants I_1 et I_2, desservis par les 2 fils 1″ et 2″ reliés à l'un des pôles de la batterie lorsque le manipulateur est mis à la première position de marche et par le fil commun g'. Ce fil commun g' est relié par un contact g au fil 6 venant de l'autre pôle de la batterie.

Pour que ce contact g soit fermé il faut que la crémaillère H soit à fond de course, ce qui correspond à la position zéro du combinateur R, c'est-à-dire que, si les moteurs ne sont pas hors circuit, l'inverseur ne peut

anipulateur sur le cran de marche avant on envoie le courant de commande par le fil 1 1′ 1″ à l'électro I_1, ce qui fait monter le piston C_1 et par suite la crémaillère h dans la position indiquée sur la figure 1. Lorsqu'on met au contraire le manipulateur sur le cran de marche arrière, le courant de commande est envoyé par le fil 2 2′ 2″ dans l'électro I_2; l'air est alors admis à l'arrière du piston C_2, ce piston s'abaisse, ce qui fait descendre la crémaillère h (le piston C_1 s'abaisse en même temps et l'air du cylindre C_1 s'échappe dans l'atmosphère).

BULLETIN DE SOUSCRIPTION.

Le soussigné déclare souscrire à un exemplaire de l'**ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES**, publiée sous les auspices des Académies des Sciences de Göttingue, de Leipzig, de Munich et de Vienne. ÉDITION FRANÇAISE EN SEPT TOMES.

Signature :

Adresse :

L'*Encyclopédie* sera publiée en 50 fascicules environ (de 150 à 200 pages chacun) paraissant tous les trois mois. Le prix de chaque fascicule sera de 5 à 6 francs environ.

A LA MÊME LIBRAIRIE.

TANNERY (Jules), Sous-Directeur des Études scientifiques à l'École Normale supérieure, et **MOLK (Jules)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy. — **Éléments de la Théorie des fonctions elliptiques.** 4 volumes in-8 se vendant séparément (OUVRAGE COMPLET) :

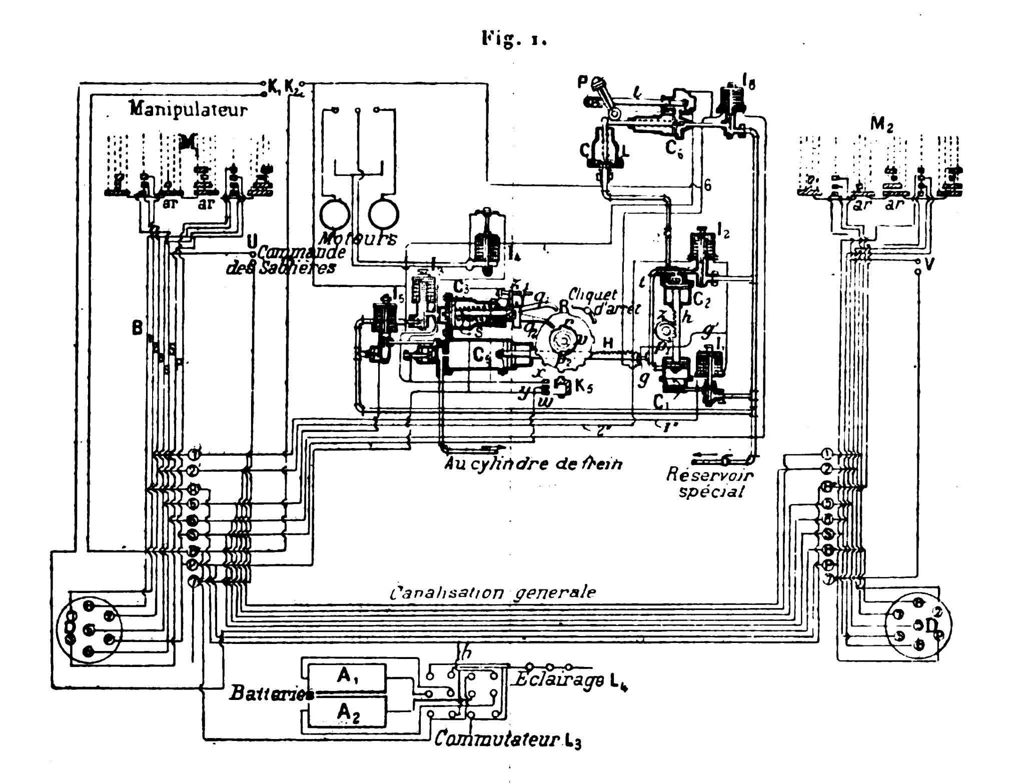
TOME I : *Introduction. Calcul différentiel* (Ire Partie); 1893. .... 7 fr. 50 c.
TOME II : *Calcul différentiel* (IIe Partie); 1896 .... 9 fr. »
TOME III : *Calcul intégral* (Ire Partie); 1898 .... 8 fr. 50 c.
TOME IV : *Calcul intégral* (IIe Partie) *et Applications*; 1902 .... 9 fr. »

37091 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.



manipulateur, on agit sur un *inverseur* qui groupe les moteurs pour les positions de marche avant ou de marche arrière [1], mais ne les met pas encore en circuit. Pour opérer leur mise en circuit, il faut avancer le manipulateur au second cran, correspondant à la position de marche, et l'y laisser. Cette manœuvre unique a pour effet de faire occuper automatiquement à un combinateur, relié aux 2 moteurs de la voiture (en série et en parallèle avec résistances décroissantes), *successivement toutes* les combinaisons de circuit comprises entre le démarrage et la pleine vitesse correspondant au couplage des 2 moteurs en parallèle sans résistance. Avec ce dispositif entièrement automatique la durée de mise en marche est indépendante de la volonté du mécanicien (elle ne dépend que de l'ajustement des organes du mécanisme pneumatique actionnant le combinateur); celui-ci ne risque donc pas de brûler les moteurs par une mise en marche trop rapide, mais il ne peut retarder cette mise en marche ni s'arrêter à un couplage intermédiaire pouvant donner une vitesse inférieure à la pleine vitesse. Cette restriction peut dans certains cas

Fig. 1.



[1] Cet inverseur est un petit cylindre dont l'axe z porte un secteur denté engrenant avec une crémaillère h formant tige unique des 2 pistons conjugués de 2 cylindres à air $C_1 C_2$ dont les valves d'admission sont commandées par 2 électro-aimants I_1 et I_2, desservis par les 2 fils 1″ et 2″ reliés à l'un des pôles de la batterie lorsque le manipulateur est mis à la première position de marche et par le fil commun g'. Ce fil commun g' est relié par un contact g au fil 6 venant de l'autre pôle de la batterie.

Pour que ce contact g soit fermé il faut que la crémaillère H soit à fond de course, ce qui correspond à la position zéro du combinateur R, c'est-à-dire que, si les moteurs ne sont pas hors circuit, l'inverseur ne peut fonctionner, car son circuit de commande se trouve automatiquement ouvert parce que la tige H n'établit plus le contact en g du fil commun g'.

Lorsqu'on met le manipulateur sur le cran de marche avant on envoie le courant de commande par le fil 1 1′ 1″ à l'électro I_1, ce qui fait monter le piston C_1 et par suite la crémaillère h dans la position indiquée sur la figure 1. Lorsqu'on met au contraire le manipulateur sur le cran de marche arrière, le courant de commande est envoyé par le fil 2 2′ 2″ dans l'électro I_2; l'air est alors admis à l'arrière du piston C_2, ce piston s'abaisse, ce qui fait descendre la crémaillère h (le piston C_1 s'abaisse en même temps et l'air du cylindre C_1 s'échappe dans l'atmosphère).

être gênante, et c'est pourquoi on a supprimé l'automaticité complète dans le nouveau système Westinghouse, dont il sera parlé plus loin.

Lorsqu'on ramène la manette du manipulateur à la touche d'arrêt, le combinateur est ramené d'*un seul coup* au repos. Les mouvements du combinateur, mis en vitesse et arrêt, sont opérés par deux organes pneumatiques distincts [1]. Le cylindre de remise au zéro communique par une conduite (non indiquée sur le schéma de la figure 1) avec le cylindre à frein, de sorte que le courant principal se trouverait coupé dans les moteurs même si le mécanicien freinait le train sans avoir ramené le manipulateur au zéro.

Les divers servo-moteurs pneumatiques sont fixés sur la base du cylindre combinateur; l'inverseur constitue un appareil indépendant.

[1] Le combinateur V est un cylindre du type ordinaire dont l'axe porte deux roues à rochets r et R en prise avec deux cliquets q_1, q_2 solidaires de la tige S d'un cylindre à air comprimé C_3 (une seule roue et un seul cliquet suffiraient, on les a doublés par prudence, pour le cas où l'un des cliquets engrènerait mal sur la roue). Quand on place le manipulateur sur l'une des touches de marche, le courant de commande est lancé dans l'électro-aimant I_3, qui ouvre l'admission de l'air comprimé dans le fond du cylindre C_3; le piston s est alors poussé de gauche à droite malgré le ressort antagoniste dont il est muni, et les cliquets q_1 et q_2 poussent d'un cran les roues R et r dans le sens des aiguilles d'une montre. Mais, lorsque le piston arrive à fond de course, une pièce m montée sur sa tige interrompt un contact fixe z_1 et provoque sur ce point la rupture du circuit desservant l'électro I_3 et, par suite, la fermeture de la valve d'admission du cylindre C_3; le piston s, sous l'action du ressort de rappel, est alors ramené de droite à gauche et dégage les cliquets q_1, q_2; mais, à la fin de cette course arrière, la tige du piston rétablit par le contact z_1 le circuit de l'électro I_3; l'air est admis dans le cylindre C_3 et pousse le piston s, ce qui provoque une nouvelle rotation d'un cran des roues à rochets R, r et ainsi de suite. La rotation du combinateur V continue ainsi par saccades jusqu'à la position de couplage en parallèle des 2 moteurs, sans résistance; à ce point, une pièce K_8 fixée sur le combinateur (mais représentée à côté du cylindre sur la figure 1 pour plus de clarté) vient en contact avec trois touches x, y, w, ce qui a pour effet de mettre en court-circuit l'électro I_3.

La mise au repos du combinateur est effectuée d'un seul coup lorsqu'on envoie le courant de manœuvre sur le fil 5 5′ 5″; l'air comprimé pénètre alors dans le cylindre C_6 et le piston de ce cylindre pousse la crémaillère p_2 qui lui fait suite et qui engrène avec un pignon monté sur l'axe du cylindre combinateur; ce dernier tourne alors en sens inverse des aiguilles d'une montre et revient ainsi d'un seul coup au zéro.

Nouveau système Westinghouse. — Dans ce nouveau système, qui date de 1903, les organes pilotes sont toujours des cylindres à air comprimé dont les soupapes sont commandées par des électro-aimants. L'inverseur est identique à celui de l'ancien système, c'est-à-dire que c'est un petit tambour actionné par deux cylindres conjugués; mais les dispositifs de couplage ne sont plus réalisés par un combinateur unique actionné par un cylindre pour chaque sens de rotation. Les diverses combinaisons de circuit sont réalisées, comme dans le système de la Compagnie Thomson-Houston, à l'aide d'une série d'organes séparés dénommés *contacteurs*. Mais ces contacteurs, au lieu d'être actionnés directement par des électro-aimants à 500 volts, le sont par des cylindres à air *séparés* dont les soupapes sont gouvernées par des électro-aimants recevant un courant de commande à 14 volts.

Chaque voiture comprend, comme organes essentiels (schéma de la figure 2), une double batterie d'accumulateurs [1] B_1 B_2, un ou deux manipulateurs P_1, P_2, une canalisation générale à 7 fils, un inverseur Z et une série de 13 contacteurs M_1 à M_{13} commandés par 8 électro-aimants ee'.

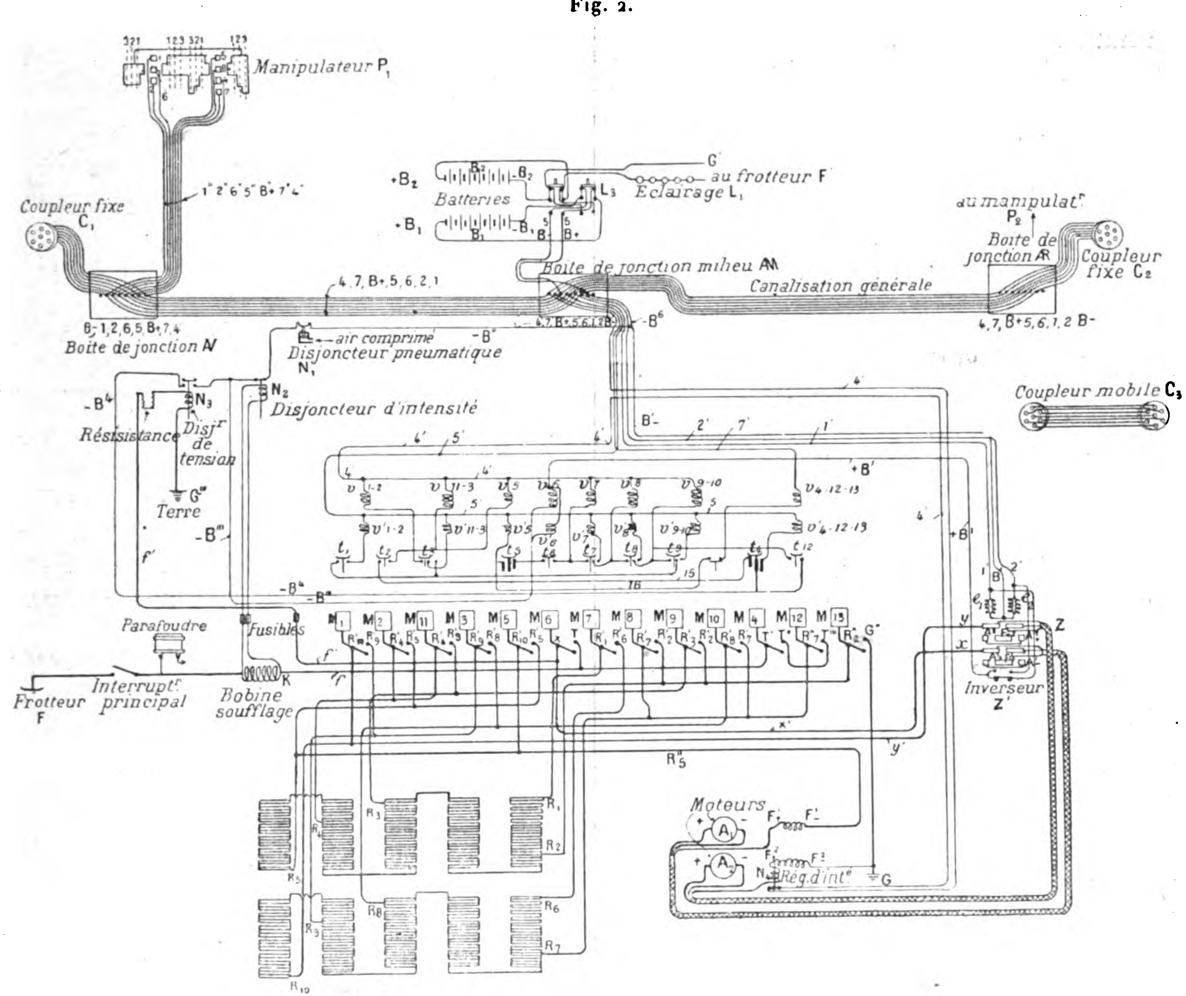
Le manipulateur est, comme dans l'ancien système, très simple. C'est un petit cylindre à bandes dentelées très plat, qui est enfermé dans une boîte verticale et commandé par un levier pouvant être déplacé sur les 7 touches d'un secteur. La touche du milieu est destinée à l'arrêt du train, les 3 touches de droite à la marche du train dans un sens et les 3 touches de gauche à la marche dans l'autre sens. Le levier est muni d'un ressort qui le ramène à la position neutre si le mécanicien l'abandonne sur une quelconque des touches de marche.

[1] Pendant que la batterie B_1 sert à la commande du train, l'autre batterie B_2 se charge en série avec les lampes d'éclairage par le courant de ligne. (Ce courant partant du frotteur F′ passe par les lampes L_1, les contacts bipolaires de gauche du commutateur double L_3, la batterie B_2 et la terre G′).

Les rôles de ces 2 batteries sont intervertis de temps en temps au moyen du commutateur double L_3 (en faisant passer de haut en bas les leviers bipolaires de ce commutateur, on voit que les connexions sont interverties; les pôles $+B_2$ et $-B_2$ sont reliés aux fils $+B^5$ et $-B^5$ par le levier de gauche, tandis que les pôles $+B_1$ et $-B_1$ sont reliés par le levier de droite au frotteur F′ et à la terre G′).

La canalisation générale, semblable à celle de l'ancien système, est composée d'une gaine de 7 fils 4, 7, + B, 5, 6, 2, 1 ; elle passe dans 3 boîtes de jonction à bornes AM, AV, AR situées au milieu et aux deux extrémités de la voiture et aboutit à 2 platines $C_1 C_2$ fixées aux 2 bouts de la voiture et comportant 7 douilles isolées dans lesquelles viennent s'engager les 7 broches du coupleur mobile C_3. Toutes les parties de la canalisation générale peuvent,

Fig. 2.



comme dans l'ancien système, être établies avec un faible isolement. Des 7 bornes d'attache de l'une des boîtes de jonction de bout AV, dans le cas d'un seul poste de commande par voiture (et aussi des 7 bornes de l'autre boîte de jonction de bout AR dans le cas de 2 postes de commande) partent 7 fils 1″, 2″, 6″, 5″, + B″, 7″, 4″ aboutissant à 7 contacts 4, 7, + B, 5, 6, 2, 1, placés sur le manipulateur.

Un fil $+ B^5$ relie le pôle positif $+ B_1$ de la batterie de commande B_1 à la borne milieu + B et, par suite, au fil + B de la canalisation générale, lequel sert seulement à mener le potentiel positif au manipulateur. Ce potentiel positif est ensuite dirigé, par le manipulateur, dans le fil 6 pour la fermeture principale du courant de commande, dans les fils 1 et 2 de la canalisation générale pour la commande de l'inverseur, et dans un ou plusieurs des 4 autres fils 6, 4, 7, 5, pour la commande des contacteurs. De la borne 6 du fil principal 6 part un conducteur (non représenté sur la figure 2) desservant un interrupteur prin-

cipal du courant. Les 5 autres fils de la canalisation générale se continuent par les fils 1′ et 2′ allant à l'inverseur et par les fils 4′, 7′, 5′ allant aux 8 électro-aimants v_1, v_{11}, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_4 qui suffisent pour commander les 13 cylindres de contacteurs M_1 à M_{13}, parce que certaines valves servent à gouverner 2 ou 3 contacteurs fonctionnant en même temps.

Le potentiel négatif de la batterie $-B_1$ se rend par le fil $-B^5$ à la borne $-B$ de la boîte de jonction milieu AM et, sans se rattacher à la canalisation générale, part directement de cette borne $-B$ et se bifurque bientôt; par le fil $-B'$ il dessert l'inverseur et par le fil $-B''$ il alimente les contacteurs.

L'inverseur Z est semblable à celui de l'ancien système décrit plus haut; il est commandé par 2 électro-aimants e_1 e_2 desservis par le fil positif 1′ et 2′ et par le fil négatif $-B'$.

Tous les organes que nous venons d'énumérer dépendent du circuit de commande auquel ils sont reliés par les diverses combinaisons de connexions que nous examinerons dans un instant. Le circuit principal (marqué en traits un peu plus gros sur la figure 2) qui part du frotteur F (trôlet ou patin de prise de courant) passe dans un interrupteur principal, puis dans une bobine unique K servant au soufflage magnétique de toutes les étincelles produites par les ruptures de circuit de la série des contacteurs M_1 à M_{13}, puis le fil f; il traverse ensuite un nombre variable de leviers et de bornes appartenant aux contacteurs M [1], puis se continue, après avoir traversé un nombre variable de résistances R, par les fils $X'y'$ qui se rendent aux bornes x et y de l'inverseur Z; de l'inverseur il passe aux moteurs 1 et 2, puis se termine par le fil de terre GG′.

(1) Ces contacteurs seront décrits plus tard ; on peut les représenter schématiquement par un cylindre M dont le piston actionne un levier mobile isolé possédant une certaine connexion et qui peut venir en contact avec une borne fixe possédant une autre connexion. La valve du cylindre M est ouverte par le passage du courant indifféremment dans la bobine supérieure v ou dans la bobine inférieure v' d'un électro-aimant. Ces 2 bobines sont le plus souvent parcourues à la fois par le courant de commande, la bobine inférieure v' renforçant l'action de la supérieure v. Un interrupteur auxiliaire est actionné en même temps que le levier principal par la manœuvre de la tige de piston, à laquelle il est relié par des organes mécaniques non représentés sur le schéma.

Nous allons examiner les diverses combinaisons correspondant aux quatre crans différents du manipulateur. Lorsque le manipulateur est au cran du milieu ou d'arrêt, la borne $+B$ étant isolée complètement, le fil positif de batterie $+B$ n'est relié à rien; il ne passe donc aucun courant dans la bobine de l'inverseur [1] et dans les électro-aimants gouvernant les contacteurs; par suite, les deux moteurs se trouvent entièrement en dehors du circuit principal [2].

Le premier cran de droite du manipulateur correspond à la position préparatoire de marche avant et la première touche de gauche à la position préparatoire de marche arrière. D'une part, la liaison convenable entre les inducteurs et les induits des deux moteurs se trouve établie par la rotation de l'inverseur dans un sens ou dans l'autre [3] et, d'autre part, l'un des pôles du

(1) Le fil commun $-B'$ des deux bobines est bien relié en permanence, par la borne $-B$, au pôle négatif de la batterie, mais il n'y a aucun potentiel positif sur les fils 1′ et 2′, puisque aucun de ces fils n'est relié au fil positif $+B$ de batterie.

(2) Le pôle négatif du moteur n° 2 est bien relié en permanence avec la terre, de $-F_2$ à GG′; mais son autre pôle est isolé (puisque le fil y' est ouvert) par les leviers R'_{10} et R'_6 des contacteurs M_5 et M_6; en outre, les moteurs ne peuvent être en communication avec le frotteur F, parce que les branchements T et T′, venant du frotteur par le fil f, ne donnent aucune connexion, car les leviers X du contacteur M_6 et T′ du contacteur M_4 sont ouverts.

(3) Si la manette est mise sur le premier cran de droite, les touches $+B$ et 1 du manipulateur sont, d'après la construction de l'appareil, réunies ensemble, et par suite le potentiel positif de la batterie est envoyé par les fils 1″, 1 et 1′ dans l'électro-aimant e_1 de l'inverseur; le retour du courant de commande se fait, depuis la bobine e_1, par le fil $-B'$ et le fil $-B^6$ relié par la borne $-B$ et le fil $-B^5$ au pôle négatif de la batterie.

Le mouvement de l'inverseur entraîne le basculement d'un commutateur Z′, qui envoie le potentiel positif, pris sur le fil 1′, dans le fil $+B'$ qui dessert les deux bobines v_6 et v'_6 de l'électro-aimant 6, dont l'autre bout se rend au pôle négatif de la batterie par le fil $-B'''$, le fil $-B''$ et le fil $-B^6$.

Si la manette est mise sur le premier cran de gauche, les touches $+B$ et 2 du manipulateur sont réunies ensemble (et 1′ est isolée), et le potentiel positif est envoyé par les fils 2″, 2 et 2′ dans l'électro-aimant e_2 qui reçoit le potentiel négatif par le fil commun $-B'$; les connexions entre inducteurs et induits des moteurs se trouvent alors inversées, en même temps le commutateur Z′ change de position et envoie le potentiel positif pris sur 2′ dans le fil $+B'$; l'électro-aimant v_6 et le contacteur M_6 fonctionnent donc de la même manière que précédemment.

moteur 1 se trouve relié au fil de ligne; l'autre pôle de ce moteur restant isolé, les moteurs ne reçoivent encore aucun courant, mais sont préparés à en recevoir [1].

Le deuxième cran de droite ou de gauche du manipulateur correspond au démarrage avec moteurs en série. Lorsqu'on place la manette sur ce cran, on produit dans le circuit des moteurs, comme nous allons le voir, cinq combinaisons *successives* correspondant à la mise en court-circuit progressive de la série de résistances R_{10} à R_f; et le passage de l'une à l'autre de ces cinq positions ne peut s'effectuer qu'avec une vitesse automatiquement limitée par un appareil spécial dénommé *régulateur d'intensité*, et absolument indépendante de la vitesse de passage du cran de repos au deuxième cran, puisque la première position ne commence à s'établir qu'au moment où la manette est arrivée en contact avec ce deuxième cran. Dans le système Thomson-Houston, la vitesse de passage d'une position à l'autre est limitée automatiquement si la manœuvre de la manette est trop rapide, mais elle suit la vitesse de passage d'un cran à l'autre lorsque la manœuvre du manipulateur est suffisamment lente, parce que chaque position correspond là à un cran du manipulateur. Il en résulte que dans le système Thomson-Houston le mécanicien est libre de s'arrêter à une position quelconque, avec résistance intermédiaire, de couplage en parallèle ou en série, tandis que dans le système Westinghouse il ne peut pas le faire; il ne peut que s'arrêter à la position de mise en série de moteurs sans résistance (manette au deuxième cran) ou de mise en parallèle sans résistance (manette au troisième cran).

La mise de la manette sur le deuxième cran a pour effet de faire communiquer le pôle positif de la batterie $+ B_1$ déjà relié au fil 1′ ou 2′ au premier cran, avec le fil 4′ [1] sur lequel sont branchées les bobines supérieures des 6 électro-aimants v_{1-2}, v_{11-3}, v_5, v_7, v_8, v_{9-10} et avec le fil 5′ sur lequel sont branchées les bobines inférieures v' des mêmes électro-aimants, lesquelles servent à maintenir les contacteurs fermés, malgré la rupture du courant de commande dans les bobines supérieures, lorsque fonctionne le *régulateur d'intensité* dont l'interrupteur N_4 fermé ordinairement est intercalé dans le trajet du fil 4′. Cet interrupteur N_4 constitue l'armature d'un relais intercalé dans le circuit principal des moteurs. Si par suite du passage trop rapide d'une position à la suivante le courant momentané circulant dans les moteurs dépasse une certaine valeur, l'électro N_4 produit l'ouverture de l'interrupteur intercalé dans le fil de commande 4′, ce qui a pour effet d'interrompre le courant de commande dans toutes les bobines supérieures v des électros et par suite d'empêcher un nouvel électro-aimant d'être actionné (mais les électros et les contacteurs restent dans la position de fermeture où ils se trouvent, par l'action des bobines inférieures v' dont le fil 5′ n'est pas coupé) tant que le courant principal n'est pas redescendu à la valeur admise. A ce moment le courant de commande est à nouveau rétabli par le fil 4′ dans les bobines supérieures des électros et par suite le courant de commande peut continuer sa marche vers la position suivante.

Le contacteur M_7 se trouve tout d'abord [2] fermé (le contacteur M_6 l'a déjà été au cran préparatoire), ce qui constitue la première position du deuxième cran (ou cran de démarrage série); les 2 moteurs sont alors reliés en série avec intercalation de toute la série des 8 résistances R_5 à R_1 et

---

[1] Le passage du courant dans les bobines supérieure v_6 et inférieure v'_6 de l'électro-aimant 6 produit l'ouverture de la valve du cylindre à air comprimé du contacteur M_6, ce qui a pour effet de fermer le levier X sur la borne fixe T. Le potentiel de la ligne se rend alors par le fil f' dans la bobine N_3 dont l'autre bout est à la terre G′ (il sera reparlé plus loin de cette bobine comme appareil de sécurité); le courant à 500 volts qui circule dans cette bobine produit la fermeture d'un interrupteur N_3 qui a pour effet de relier le fil $-B_4$ au pôle négatif de la batterie. Il ne passe encore aucun courant dans ce fil $-B_4$, mais il se trouve préparé à donner passage à un courant de commande par les crans ultérieurs du manipulateur. Le potentiel de la ligne F se rend par le fil X′ à la borne x de l'inverseur et de là au moteur 1, puis à la série des résistances supérieures R_8 à R_1 et finalement au levier R'_1 du contacteur M_7, mais là il se trouve ouvert et seulement prêt pour le cran suivant à donner naissance à un courant.

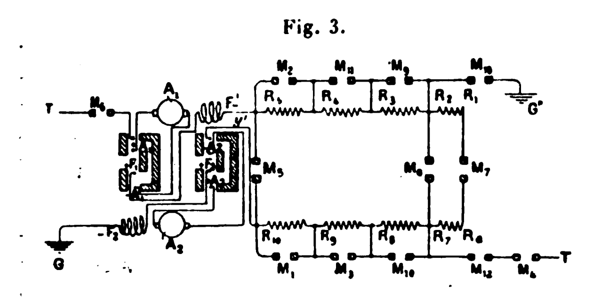
[1] La touche + B du manipulateur étant reliée à la touche 4, le potentiel positif va de + B par le fil 4″, la borne 4, le fil 4 et la borne 4′ au fil 4′.

[2] Nous ne donnerons pas l'explication détaillée du fonctionnement des contacteurs sous l'influence du courant de commande, parce que ce fonctionnement met en jeu des combinaisons de circuit très compliquées et qui, nous venons de l'apprendre, ont été modifiées récemment et le seront probablement encore.

R_6 à R_{10} (*voir* sur la figure 2 et mieux sur la figure 3).

Le potentiel de ligne avait été amené, nous l'avons vu, par la fermeture du contacteur M_6

Fig. 3.



opérée au cran précédent, du fil f et de là à la palette collée X par le fil X' à l'inverseur Z, puis au moteur 1 et par le fil R'_5 à l'extrémité de la résistance R_5. Il traversait toute la série supérieure de 4 résistances R_5 à R_4, R_4 à R_3, R_3 à R_2, R_2 à R_1, puis allait de R_1 à l'armature R'_1 du contacteur M_7, qui était ouverte. Cette armature R'_1 étant maintenant collée, le courant principal passe à la borne fixe R'_6 du contacteur M_7, traverse de R_6 à R_{10} la série des 4 résistances inférieures, puis se rend de R_{10} par le fil y' au contact y de l'inverseur et de là au moteur 2 puis à la terre G.

L'électro 7 se trouvant fermé par la manœuvre du contacteur M_7, le courant de commande fait fonctionner M_7. Le fonctionnement du cylindre du contacteur M_7 a pour effet, par le déclanchement d'un contact auxiliaire t_7, d'ajouter en série dans le circuit de commande (qui comprenait déjà l'électro 7), l'électro 8. Le contacteur M_8 est alors actionné (M_6 et M_7 restant collés), ce qui a pour effet de laisser les 2 moteurs en série, mais de mettre en court-circuit deux des résistances R_1 R_2 et R_6 R_7 intercalées dans le circuit des moteurs (¹) qui ne comprend plus alors comme résistances actives que les six résistances R_7 R_8, R_8 R_9, R_9 R_{10} et $R_5 R_4$, $R_4 R_3$, $R_3 R_2$ et l'on passe ainsi à la deuxième position de la marche en série.

Par suite du fonctionnement du contacteur M_8, le courant de commande venant de 4' peut se rendre ensuite dans la bobine v_{9-10} de l'électro 9-10. Cet électro commandant la valve des cylindres de contacteurs M_9, M_{10}, ces deux contacteurs se ferment et leur fermeture produit une troisième position de marche en série, dans laquelle les deux nouvelles résistances R_2 R_3 et R_7 R_8 sont court-circuitées chacune par un contacteur (¹); il ne reste plus dans le circuit série des moteurs que les quatre résistances $R_3 R_4$, $R_4 R_5$ et $R_8 R_9$, $R_9 R_{10}$ (*fig.* 2 et mieux 3).

Par suite du fonctionnement du contacteur M_9, le courant de commande venant de 4' peut se rendre ensuite dans la bobine supérieure v_{11-3} d'un électro-aimant qui commande le fonctionnement des deux contacteurs M_{11}, M_3, lesquels ont pour effet de court-circuiter deux nouvelles résistances R_5 R_4 et R_8 R_9 (²), ce qui constitue la quatrième position de marche en série dans laquelle il n'y a plus que deux résistances en circuit $R_4 R_5$ et $R_9 R_{10}$ (*fig.* 2 et mieux *fig.* 3).

Par suite du fonctionnement de M_3 le courant de commande venant de 4' peut se rendre encore dans la bobine supérieure v_{1-2} d'un électro-aimant qui commande les deux contacteurs M_1 et M_2, lesquels ont pour effet de court-circuiter les deux dernières résistances R_5 R_4 et R_{10} R_9 : les deux moteurs se trouvent alors reliés en série sans intercalation d'aucune résistance (³).

(¹) Lorsque le levier du contacteur M_8 est fermé les 2 résistances R_2 R_1 et R_6 R_7 restent réunies en série par les touches R'_1 R'_6 du contacteur M_7, mais se trouvent en court-circuit, car les 2 points R_2 et R_7 sont réunis directement (*fig.* 2 et mieux *fig.* 3) par le fil R_2 R'_2, la touche fixe R'_2 du contacteur M_8, l'armature R'_7 du contacteur M_8 et le fil R'_7 R_7. Le courant principal part du frotteur F, passe comme précédemment par les contacts T et X du contacteur M_6, l'inverseur Z' et le moteur 1, mais ne traverse que 4 des résistances supérieures $R_5 R_4$, $R_4 R_3$, $R_3 R_2$ pour se rendre par les contacts R'_2 R'_7 au point R_7, et ne traverse plus que les 3 résistances $R_7 R_8$, $R_8 R_9$, $R_9 R_{10}$; et passe ensuite comme précédemment par le fil y', le moteur 2 et la terre G.

(¹) En effet, les points R_3 et R_2 (*fig.* 8 et 2) se trouvent réunis directement par le fil R_3 R'_3 le levier mobile collé R'_3 du contacteur M_9, la borne R'_2 de ce contacteur et le fil R'_2 R_2. De même les points R_8 et R_7 se trouvent réunis directement par la fermeture du contact R'_8 R'_7 du contacteur M_{10}.

(²) R_5 R_4 (*fig.* 2 et 3) est court-circuité par la fermeture des contacts fermés R'_5 R'_4 du contacteur M_{11} et R_8 R_9 est court-circuité par la fermeture des contacts R'_8 R'_9 du contacteur M_3.

(³) R_5 R_4 est court-circuité (*fig.* 2) par la fermeture des contacts R'_5 R'_4 du contacteur M_2 et R_{10} R_9 par la fermeture des contacts R'_{10} R'_9 du contacteur M_1. Le courant principal passe alors du fil f à la borne T, à la palette collée X, au fil X, à l'inverseur, au moteur 1, au fil R'_5 (*fig.* 2 et 3), puis par toute la série sans résistance appréciable des fils de connexion et des armatures collées des contacteurs M_2 M_{11} M_9 M_8 M_{10} M_3 M_1

Le troisième cran de droite ou de gauche du manipulateur, qui correspond à la mise en parallèle des moteurs, comprend quatre positions successives. Dans la première position, les contacteurs M_4, M_{12}, M_{13} se trouvant actionnés [1], et le contacteur M_6 étant resté collé (tous les autres sont ouverts), les moteurs forment deux circuits en quantité, dans chacun desquels sont intercalées (*fig.* 2 et 3) trois résistances (la quatrième résistance n'est pas utilisée ici, comme elle l'était dans les positions de marche en série) : R_7 à R_{10} d'une part et R_2 à R_5 d'autre part [2]. Les trois positions qui suivent ont pour effet de mettre successivement et une à une ces trois résistances en court-circuit [3], de sorte que, dans la quatrième position, les moteurs sont reliés directement en parallèle sans résistance intercalée.

Il existe deux appareils de sûreté qui mettent automatiquement, et d'une manière définitive, les moteurs au repos (en coupant le courant de commande des électros des contacteurs) : l'un, le *disjoncteur pneumatique* N_1, dans le cas où l'on aurait oublié de mettre le manipulateur au zéro avant d'avoir manœuvré les freins; l'autre, le *disjoncteur d'intensité* N_2, dans le cas où le courant principal définitif (pris par l'ensemble des deux moteurs en dehors de la période de démarrage) dépasse une certaine valeur dangereuse pour leurs enroulements. Le disjoncteur pneumatique N_1 consiste en un petit cylindre, relié au réservoir à air qui dessert le frein de la voiture, et dont le cylindre se termine par un interrupteur intercalé sur le fil — B'' en connexion avec le pôle négatif de la batterie de commande. Lorsque les freins de la voiture fonctionnent, le réservoir correspondant se vidant, l'air s'échappe également du petit cylindre N_1 et la descente du piston provoque l'ouverture de l'interrupteur; le courant est alors coupé dans le fil — B'' qui dessert (par le fil B''') l'électro e_6 et, par suite, tous les contacteurs tombent au repos.

Le disjoncteur d'intensité N_2 est constitué par un électro-aimant branché aux bornes de la bobine de soufflage K des contacteurs; lorsque le courant principal qui traverse cette bobine K atteint une certaine valeur, l'armature de l'électro-aimant provoque le déclenchement d'un interrupteur N_2 disposé, comme celui du disjoncteur pneumatique, sur le même fil — B'' amenant le courant de commande à tous les contacteurs.

Il existe enfin un troisième appareil de sûreté, le *disjoncteur de tension* N_3, qui, dans le cas où la tension aux bornes des moteurs de la voiture devient nulle ou presque nulle (par suite, par exemple, d'une interruption de courant sur la ligne, d'un mauvais contact du frotteur ou d'une rupture du câble de celui-ci), isole les moteurs automatiquement, mais (ce qui n'existait pas sur les deux premiers disjoncteurs) remet ces moteurs automatiquement en circuit si la tension est rétablie et que le mécanicien n'ait pas ramené sa manette au zéro. (Ce dernier cas ne se présentera que si l'interruption du courant principal est de très courte durée, sinon il est certain que le mécanicien ramènera sa manette au zéro dès qu'il s'apercevra d'un ralentissement du train dû à la mise hors circuit automatique du train.) Le disjoncteur de tension se compose d'un

jusqu'au point R_{10}; il revient de ce point par le fil y' au point y de l'inverseur et de là au moteur 2, puis à la terre G.

A ce moment, les sept contacteurs M_2 M_{11} M_9 M_1 M_{10} M_3 M_1, dont le rôle est devenu inutile, s'ouvrent tous à la fois, un instant après que le contacteur M_5 s'est fermé et a établi la connexion directe entre les extrémités R_5 et R_{10} des résistances (*fig.* 2 et mieux 3).

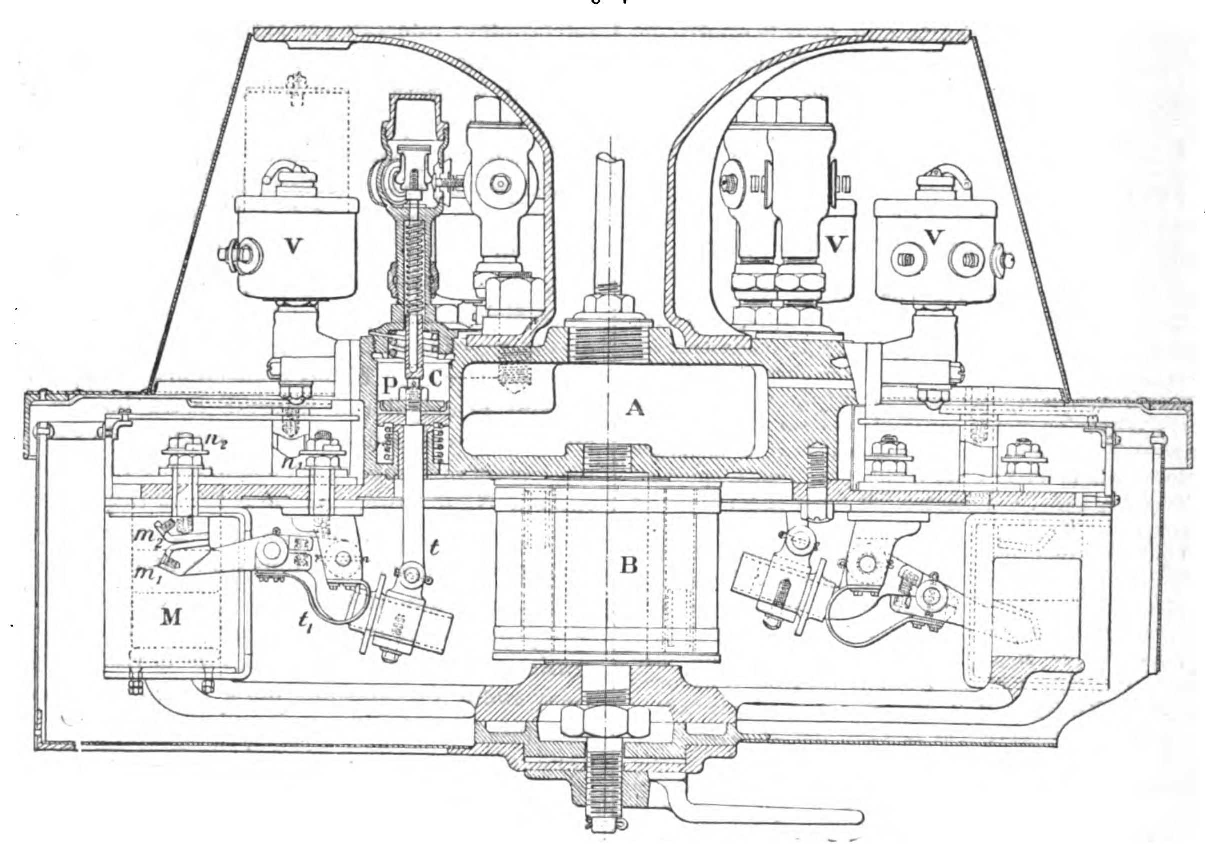
[1] Lorsqu'on met le manipulateur sur cette touche, on envoie le courant de commande (qui reste maintenu dans les fils 44' et 55'), sur les fils 7 et 7', sur lesquels est branché $e_{4-12-13}$. Cet électro fait fonctionner les trois contacteurs M_4, M_{12} et M_{13}.

[2] Le courant principal prend un tout autre chemin que dans les positions de marche en série. Partant du fil *f* relié au frotteur F, une portion passe par le point T et par les armatures collées T', T'' et R''_7 des contacteurs M_4 et M_{12}, puis se rend à la seconde résistance R_7 (*fig.* 2 et 3), traverse les trois résistances du bas R_7R_8, R_8R_9, R_9R_{10}, se rend ensuite par le fil y' au point y de l'inverseur Z, passe par le moteur A_2, puis va de là à la terre G. Une autre portion du courant principal part du fil *f* et, passant par le point T et l'armature collée du contacteur M_6, va par le fil X' à l'inverseur, passe par le moteur A_1, puis se rend au point R_5, traverse les trois résistances du haut R_5R_4, R_4R_3, R_3R_2, puis se rend au point R''_2 du contacteur M_{13}, et, par l'armature collée de ce contacteur, gagne la touche G'' reliée à la terre.

[3] Dans la deuxième position, R_2R_3 et R_7R_8 sont court-circuitées par les contacteurs M_9 et M_{10} fonctionnant comme précédemment par le passage du courant de commande dans l'électro $e_{9\ 10}$. Dans la troisième position, R_8R_9 et R_3R_4 sont court-circuitées par les contacteurs M_3 et M_{11}. Enfin, dans la quatrième position, R_9R_{10} et R_4R_5 sont court-circuitées par les contacteurs M_1 et M_2.

électro-aimant à fil fin branché avec interposition d'une résistance inerte à la borne X de la pièce mobile du contacteur M_6 et se rendant d'autre part à la terre G″. Lorsque le manipulateur est dans une position de marche, la pièce mobile X du contacteur M_6 se trouvant en contact avec le contact fixe T (par le fil *f*) passe de la tension du frotteur F, c'est-à-dire normalement 600 volts (le disjoncteur de tension est ainsi le seul appareil électromagnétique soumis à la tension élevée de la ligne à zéro.) Si cette tension s'annule, l'électro-aimant N_3 cesse d'être excité et le décollement de son armature provoque l'ouverture d'un interrupteur N_3 disposé sur le fil — B' qui envoie le courant de la batterie aux électros *v* (à l'exception de l'électro v_6 qui reste relié à la batterie par le fil — B‴). Il en résulte que tous les contacteurs, à l'exception du contacteur M_6, tombent au repos, ce qui a pour effet de mettre les deux moteurs hors circuit par l'ouverture de l'un des pôles, mais ces moteurs conservent un pôle en connexion avec la ligne F*f* par les pièces XT du contacteur M_6, c'est-à-dire sont préparés à être remis en circuit si la tension est

Fig. 4.



rétablie sur la ligne quand le fait se produit. L'électro-aimant N_3 est alors de nouveau excité, referme l'interrupteur N_3, ce qui a pour effet de rétablir le courant de commande par le fil — B' sur les électros des contacteurs, c'est-à-dire que les moteurs repassent de nouveau par diverses positions de couplage en série ou en parallèle suivant que le manipulateur se trouve sur le deuxième cran ou le troisième cran.

Il nous reste à donner la description des contacteurs et des organes qui les commandent. Tous ces appareils se trouvent réunis dans une boîte cylindrique dénommée *Turret* en Amérique et que l'on peut en français appeler *Tourelle,* d'où le nom de *système à tourelle* donné au nouveau système Westinghouse. Cette boîte présente, fermée, l'aspect extérieur d'une chaudière.

La tourelle se compose (*fig.* 4) d'un plateau

sur lequel sont montées huit valves électromagnétiques formées chacune par un électro-aimant vertical V dont le mouvement de l'armature provoque l'admission, généralement dans un, quelquefois dans plusieurs cylindres verticaux C, de l'air comprimé provenant d'une chambre centrale A. Il y a treize cylindres moteurs, disposés en couronne, et comportant chacun un piston P qui, au repos, est maintenu relevé par un ressort antagoniste r. La tige t de ce piston commande, par un jeu de bielles t_1, le levier mobile m_1 du contacteur en connexion électrique avec la borne n_1. Lorsque l'air est admis dans le cylindre C, le piston P s'abaisse, malgré le ressort antagoniste, et, par l'intermédiaire de la tige t et des bielles t_1, soulève le levier m_1 dont la semelle vient s'appuyer sur la semelle fixe m_2 du contacteur solidaire de la borne n_2.

Une bobine unique centrale B sert au soufflage magnétique des étincelles qui prennent naissance entre les semelles fixes et mobiles des treize contacteurs; les semelles sont logées chacune dans une série annulaire de treize chambres séparées. Les ressorts antagonistes puissants des pistons provoquent une rupture très rapide ; en outre on peut donner à la course de rupture des leviers mobiles une longueur verticale très grande de 75^{mm}, de sorte qu'avec cette disposition en tourelle des contacteurs, les surfaces de contacts sont faciles à isoler et se détériorent beaucoup moins vite que dans les cylindres combinateurs où les pièces en contact sont forcément bien plus rapprochées (on ne peut guère dépasser 25^{mm} environ).

Le système Westinghouse à tourelle, mis en service sur le Métropolitain de Paris, au début de 1904, a été appliqué pour la première fois à Brooklyn, en 1903 [1]. Il sera le seul employé dorénavant par la Compagnie Westinghouse dans ses installations de commande de trains par unités multiples.

[1] Le système Sprague, employé sur une petite échelle au Métropolitain de Paris, est un système à unités multiples à commande indirecte, c'est-à-dire que le courant de commande n'effectue pas par lui-même les combinaisons de circuits, comme cela a lieu dans les contacteurs du système Thomson à unités multiples, mais agit seulement sur un servo-moteur comme dans le Westinghouse. Ce qui le différencie de ce dernier, c'est que le servomoteur est électrique au lieu d'être pneumatique. Une autre différence essentielle entre les deux systèmes, c'est que dans le Sprague (comme dans le Thomson) tous les appareils de commande sont desservis par un courant à 500 volts, tandis que dans le Westinghouse ils ne sont parcourus que par un courant de 14 volts.

Au point de vue de la forme des organes, le Sprague se rapproche du Westinghouse ancien, auquel il est d'ailleurs antérieur. Comme dans ce dernier, le manipulateur est un petit cylindre combinateur du type tramway, et les diverses connexions de circuits sont également effectuées à l'aide d'un cylindre combinateur. L'inverseur est, comme dans le système Thomson et dans les systèmes Westinghouse, constitué par un tambour actionné par deux solénoïdes mis en mouvement par le courant de commande ; mais ce tambour n'offre pas la même forme; au lieu d'être court et compact, il est allongé et est construit à peu près comme un combinateur de tramway.

Le manipulateur Sprague, comme dans les systèmes Westinghouse, ne comporte qu'un nombre très restreint de touches, à chacune desquelles correspondent plusieurs combinaisons ou positions successives de circuits, sur lesquelles le mécanicien ne peut s'arrêter, tandis qu'il peut le faire dans le Thomson multiple.

Ce manipulateur contient, à droite et à gauche de la touche neutre ou d'arrêt, une première touche correspondant, non plus à une simple position préparatoire comme dans les Westinghouse, mais à plusieurs positions successives de marche en série avec résistances, dont la dernière comporte une résistance encore assez élevée; la deuxième touche, à droite ou à gauche, correspond aux combinaisons restantes de connexions en série avec résistance décroissante et finalement nulle. Il y a une troisième touche pour marche en série parallèle avec combinaison finale sans résistances, du côté de la marche avant seulement : la touche de mise en parallèle des moteurs n'existe pas pour la marche arrière.

La rotation du cylindre combinateur s'effectue exactement comme dans le Westinghouse ancien, par les crans successifs d'une roue à rochets, mais celle-ci est mue par un moteur série à 500 volts, au lieu de l'être par un cylindre à air comprimé. La vitesse de passage d'une combinaison de circuits à l'autre est indépendante de la rapidité de manœuvre du mécanicien et se trouve réglée par un régulateur d'intensité, analogue à celui du Westinghouse à tourelle et composé de deux relais (au lieu d'un seul) qui suspendent l'action du courant de commande, tant que le courant principal instantané traversant les moteurs dépasse une certaine valeur.

La canalisation générale du Sprague ne comporte que cinq fils, dont deux servent à actionner les solénoïdes de l'inverseur et les trois autres à commander quatre électro-aimants correspondant aux trois positions stables de marche.

CH. JACQUIN.



ALTERNATEURS MONO- ET POLYPHASÉS.

DÉTERMINATION DE LA CHUTE DE TENSION PAR DIAGRAMME.

I. — Diagramme de la machine polyphasée à pôles continus.

a. Diagramme fondamental. — Dans l'étude publiée antérieurement dans ces colonnes [1], nous nous sommes occupé d'une machine spéciale à rotor et stator absolument identiques. Le caractère spécial de cette machine est que l'arc polaire est égal au pas polaire, ou, comme nous dirons, qu'elle est à pôles continus, pour la distinguer des machines à pôles discontinus, où cette égalité n'existe plus. De plus, nous avons supposé que la machine n'était pas saturée pour ne pas compliquer nos recherches par la variation de la self-induction. Cette condition ne se trouve généralement pas satisfaite en pratique, où, au contraire, on s'efforce de tirer profit des avantages que la saturation permet d'obtenir. Pour pouvoir suivre nettement l'influence de la saturation sur la courbe de charge sans avoir à nous occuper des autres phénomènes dont nous verrons qu'il faut tenir compte dans les machines ordinaires, nous reprenons notre machine spéciale à pôles continus; seulement nous augmentons le diamètre intérieur du rotor de manière à saturer le noyau; nous considérons alors le rotor comme inducteur, comme cela se présente le plus souvent en pratique. Nous négligerons comme précédemment la résistance ohmique et la dispersion des enroulements.

Soit $\mathcal{E}_0$ [2] la courbe de magnétisation à vide, $\mathcal{J}_{cc}$ la courbe du courant de court-circuit (*fig.* 1) et $\mathcal{J}_m$ l'excitation considérée. Partons du court-circuit : à ce moment, il y a égalité complète entre la force magnétomotrice de l'inducteur et celle de l'induit; il n'y a donc pas de champ résultant et non plus de saturation. Il s'ensuit que la réactance en court-circuit n'est pas le rapport $\frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{J}_{cc}}$, mais le rapport plus grand $\frac{\mathcal{E}'_0}{\mathcal{J}_{cc}}$, qui est le même que la réactance à circuit induit ouvert et un courant d'excitation $\mathcal{J}'_m$ pour laquelle la machine n'est pas encore saturée.

---

(1) *La Revue électrique*, t. III, p. 294 et 324, 30 mai et 15 juin 1904.

(2) NOTATIONS COMPLÉMENTAIRES POUR CETTE PARTIE :

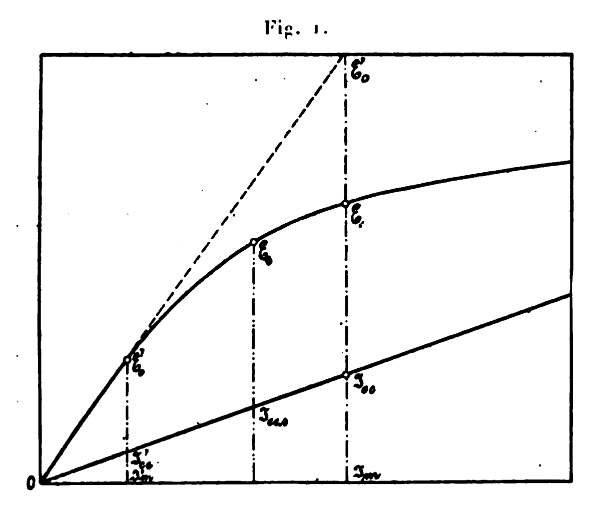
a, flux utile dans l'induit;
b, flux de dispersion de l'inducteur;
$\mathcal{E}$, valeur efficace de la force électromotrice correspondant à l'état magnétique du circuit principal de la machine;
$\mathcal{E}_a$, valeur efficace de la force contre-électromotrice antagoniste;
$\mathcal{E}_b$, valeur efficace de la tension aux bornes;
$\mathcal{E}_o$, valeur efficace de la force électromotrice produite par l'inducteur pour un état magnétique donné, tension à vide;
$\mathcal{E}_r$, valeur efficace de la force contre-électromotrice ohmique de l'induit;
$\mathcal{E}_s$, valeur efficace de la force contre-électromotrice de dispersion;
$\mathcal{E}_t$, valeur efficace de la force contre-électromotrice transversale;
$\mathcal{J}$, valeur efficace du courant de débit;
$\mathcal{J}_{cc}$, » du courant de court-circuit;
$\mathcal{J}_m$, courant d'excitation continue;
$\mathcal{K}_o$, facteur de force électromotrice du flux inducteur;
$\mathcal{K}_a$, » » antagoniste;
$\mathcal{K}_t$, » » transversal;
r, résistance ohmique par phase;
$\mathcal{R}$, réactance du circuit magnétique de la machine à pôles continus;
$\mathcal{R}_o$, sa valeur pour non saturation;
$\mathcal{R}_a$, réactance du circuit magnétique antagoniste;
$\mathcal{R}_{oa}$, sa valeur pour non saturation;
$\mathcal{R}_s$, réactance du circuit magnétique de dispersion;
$\mathcal{R}_t$, » » transversal;
α = rapport $\frac{\text{arc polaire}}{\text{pas polaire}}$;
γ, angle spécial du diagramme de la machine monophasée dépendant de φ_2;
β, angle spécial du diagramme de la machine monophasée dépendant de φ_2 et de φ;
λ, facteur déterminé par la formule

$$\lambda = \frac{\frac{1}{2} R_t}{R_t + R_s - r \tan\varphi};$$

φ, angle de décalage extérieur ($\sphericalangle\, \mathcal{E}_b, \mathcal{J}$);
φ_o et φ_2, angles de décalage intérieur ($\varphi_o \sphericalangle\, \mathcal{E}_o, \mathcal{J}_v$ et $\varphi_2 \sphericalangle\, \mathcal{E}_{o2v}, \mathcal{J}_{2v}$);
ψ_a, flux antagoniste;
ψ_t, flux transversal.

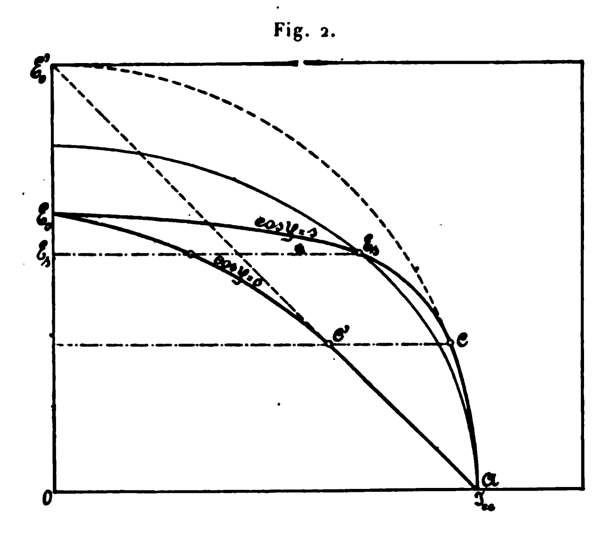
L'expérience, en effet, nous montre que la courbe de court-circuit est toujours une droite

Fig. 1.



tant que la dispersion de l'inducteur ne sature pas les pôles. Plaçons maintenant une petite résistance dans le circuit du stator; à ce moment,

Fig. 2.



il y aura un faible flux résultant, pas encore suffisant pour donner une saturation. Si cette résistance est purement inductive, l'axe du champ résultant reste dans l'axe du champ inducteur; si elle est ohmique, l'axe du champ résultant se décale bien par rapport à ce dernier; mais, comme les pôles sont continus, il n'y a aucune déformation dans la répartition du champ et aucune modification de l'état magnétique et, par suite, de la réactance de la machine. Et puisque, quand il n'y a pas de saturation, la courbe de charge est une ellipse ou une droite, notre courbe de charge dans la partie qui avoisine le court-circuit tombera sur cette ellipse ou sur cette droite (*fig.* 2, AC, AC').

Si nous envisageons maintenant un point où la machine est saturée, la réactance aura diminué et correspondra au nouvel état magnétique $\mathcal{E}_1$ donné par la tension $\mathcal{E}_b$ aux bornes ($\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_b$).

La réactance étant donc $\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{I}_{1cc}}$, nous trouverons le courant correspondant à cette tension $\mathcal{E}_b$ en prenant le point $\mathcal{E}_1$ sur l'ellipse construite avec la tension $\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{I}_{1cc}} \mathcal{I}_{cc}$ à vide et le courant $\mathcal{I}_{cc}$ de court-circuit correspondant à l'excitation $\mathcal{I}_m$ (¹).

Nous attirons l'attention sur la différence qu'il y a entre cette méthode et l'ancienne méthode du cercle également basée sur la notion de la self-induction qui emploie bien le courant de court-circuit $\mathcal{I}_{cc}$ correspondant à l'excitation $\mathcal{I}_m$, mais qui adopte erronément pour la réactance une valeur constante $\frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{I}_{cc}}$.

b. Influence de la dispersion de l'inducteur. — Le flux de l'inducteur peut être divisé en deux parties : l'une (a) qui traverse l'entrefer et entre dans l'induit, l'autre (b) le flux de dispersion qui prend son chemin par des circuits secondaires.

C'est le flux total ($a + b$) qui détermine la saturation et, par suite, la réactance, tandis que le flux (a) produit la force électromotrice dans l'enroulement induit. Le flux de dispersion affecte évidemment la forme d'une courbe de magnétisation; mais, comme la réluctance des circuits secondaires est presque uniquement celle de l'air, la courbe du flux de dispersion est pratiquement une droite (*fig.* 3).

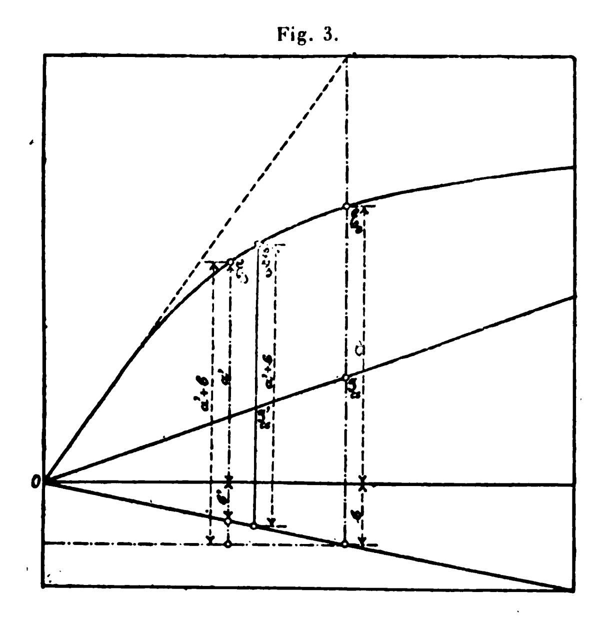
Pour la même raison, si nous envoyons un courant dans l'induit, l'inducteur n'étant pas excité, le flux de l'induit traversera presque intégralement l'inducteur et pas les circuits secondaires de celui-ci, puisque, la plus forte partie des ampères-tours ayant été dépensée pour l'entrefer, il n'en reste que fort peu pour le fer de l'inducteur et, par conséquent, pour ces circuits secondaires qui ne sont qu'une dérivation sur ce dernier.

Dans les machines à pôles discontinus, on peut

(¹) Au lieu de cette ellipse, on tracera évidemment le cercle que l'on obtient en changeant l'échelle du courant de court-circuit.

considérer l'inducteur comme un rotor avec un petit nombre de rainures qui sont très grandes; au contraire, dans le stator il y a beaucoup de

Fig. 3.



petites rainures bien réparties; il s'ensuit que la dispersion du rotor est bien plus considérable que celle du stator.

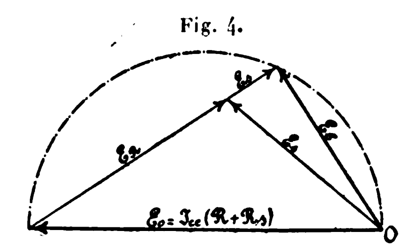
Admettons, pour un moment, que notre machine spéciale à pôles continus ait également une grande dispersion de l'inducteur, tandis que celle de l'induit soit négligeable, et voyons son influence sur le diagramme.

Remarquons que, tant que l'inducteur n'est pas saturé, la courbe de magnétisation est indépendante de la valeur de la réluctance du circuit de dispersion; celle-ci est donc sans influence sur la ligne de l'entrefer. Mais, pour une faible valeur de cette réluctance, les pôles se satureront bien plus vite par suite du flux de dispersion plus grand; nous obtiendrons donc, pour même excitation, une tension moindre que dans le cas d'une réluctance plus grande. Par conséquent, plus la dispersion est grande, plus petite sera la réactance de l'induit dans la partie saturée, tandis que, dans la partie non saturée, la dispersion n'a aucune influence. Le courant de court-circuit restera donc le même pour une excitation donnée tant que le flux de dispersion ne sature pas les pôles. Mais, pour une tension $\mathcal{E}_b$ aux bornes et une excitation $\mathfrak{I}_m$, la réactance n'est plus $\frac{\mathcal{E}_1}{\mathfrak{I}_{1cc}}$, parce que l'état magnétique de l'inducteur qui correspond à la tension $\mathcal{E}_b$ avec excitation $\mathfrak{I}_m$ n'est pas donné par $(a'+b')$ mais par $(a'+b)$ (*fig.* 3). La vraie réactance se trouvera donc au point $\mathcal{E}'_1$ et sa valeur sera $\frac{\mathcal{E}'_1}{\mathfrak{I}'_{1cc}}$. Le courant correspondant à la tension $\mathcal{E}_b$ sera déterminé par l'ellipse avec $\frac{\mathcal{E}'_1}{\mathfrak{I}'_{1cc}} \times \mathfrak{I}_{cc}$ comme tension à vide et $\mathfrak{I}_{cc}$ comme courant de court-circuit.

c. Influence de la dispersion de l'induit. — De même que l'inducteur, l'induit possède un circuit de dispersion qui est indépendant du circuit inducteur. La réluctance de ce circuit est constante tant que les dents ne sont pas saturées. Comme ce flux de dispersion est entièrement en phase avec le courant de l'induit et proportionnel à celui-ci, la force électromotrice qu'il produit est décalée de 90° sur ce courant. La valeur de la réactance totale est donc tout simplement la somme de la réactance du circuit principal R et de la réactance de dispersion R_s; la première varie avec l'état magnétique de la machine, la seconde reste pratiquement constante. Le courant de court-circuit est déterminé par la somme $[\mathcal{R}_0$ (à non saturation) $+ \mathcal{R}_s]$, valeur qui restera constante tant que la machine ne sera pas saturée.

On peut donc, pour la machine non saturée, appliquer le diagramme sans séparer les valeurs $\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}_s$. Au contraire, pour la machine saturée, il faut les séparer puisque $\mathcal{R}$ devient variable avec l'état magnétique $\mathcal{E}$; ce dernier est la résultante de la tension $\mathcal{E}_b$ aux bornes et de la tension

Fig. 4.



$\mathcal{E}_s = \mathfrak{I}\mathcal{R}_s$ perpendiculaire au courant (*fig.* 4, $\cos\varphi = 1$).

d. Influence de la résistance ohmique de l'induit. — La résistance ohmique de l'induit détermine une force contre-électromotrice $\mathcal{E}_r = \mathfrak{I}r$ en phase avec le courant. L'état magnétique est donc finalement représenté par la résultante de la tension aux bornes $\mathcal{E}_b$, la force contre-électro-

motrice ohmique $\mathcal{E}_r$ en phase avec le courant et la force contre-électromotrice de dispersion $\mathcal{E}_s$ perpendiculaire à celui-ci.

II. — Diagramme de la machine polyphasée à pôles discontinus.

Nous pouvons étudier cette machine de la même façon que les machines à pôles continus; au moment du court-circuit, les forces magnétomotrices de l'inducteur et de l'induit sont encore directement opposées et il n'y a d'autre champ que le faible champ de dispersion. Quand nous introduisons dans l'induit une faible résistance inductive l'axe du petit flux résultant reste dans l'axe des pôles; il n'en est plus ainsi si nous remplaçons cette résistance inductive par une résistance ohmique; par suite du décalage du courant induit l'axe du flux de l'induit se décale par rapport à l'axe du flux de l'inducteur et ce flux résultant aura son axe déplacé.

Dans la machine à pôles continus, la même chose se présente, mais là la réluctance du circuit induit est indépendante de la position du champ résultant par rapport à l'inducteur. Ici, au contraire, la réluctance dépend essentiellement de la place que va occuper l'axe du champ résultant; celui-ci ne pouvant plus se manifester librement, il y aura une déformation dans la répartition du champ qui n'existe pas pour la machine à pôles continus. Pour faire intervenir l'effet de cette déformation, nous distinguerons entre le circuit magnétique principal de l'induit qui se ferme suivant l'axe des pôles et que nous appellerons *antagoniste*, puisque son flux est simplement opposé au flux inducteur et entre le circuit transversal qui se ferme à travers les épanouissements polaires et l'entrefer, sans traverser le noyau des pôles. Nous décomposerons le flux de l'induit en un flux antagoniste et un flux transversal suivant ces deux circuits et ce sera par l'influence simultanée de ces deux champs que se déterminera l'état magnétique de l'inducteur, et avec lui la réactance de l'induit.

a. Flux antagoniste Ψ_a et transversal Ψ_t pour différentes valeurs du rapport

$$\alpha = \frac{\text{arc polaire}}{\text{pas polaire}}.$$

— Nous supposons que l'enroulement de l'induit soit disposé sur la circonférence de façon à produire pour un arc polaire égal au pas polaire ($\alpha = 1$, pôles continus) un champ réparti sinusoïdalement dans l'entrefer. Les flux antagoniste et transversal ont alors la même valeur. Si maintenant l'arc polaire diminue ($\alpha < 1$), il est facile de voir que Ψ_a et Ψ_t varient d'après les formules

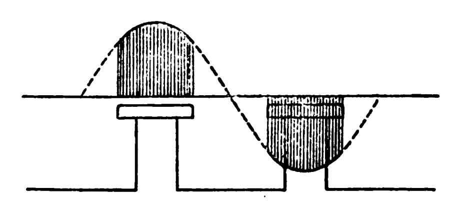
$$\Psi_a = \Psi \sin\left(\alpha\frac{\pi}{2}\right) \qquad \text{et} \qquad \Psi_t = \Psi\left(1 - \cos\frac{\alpha\pi}{2}\right).$$

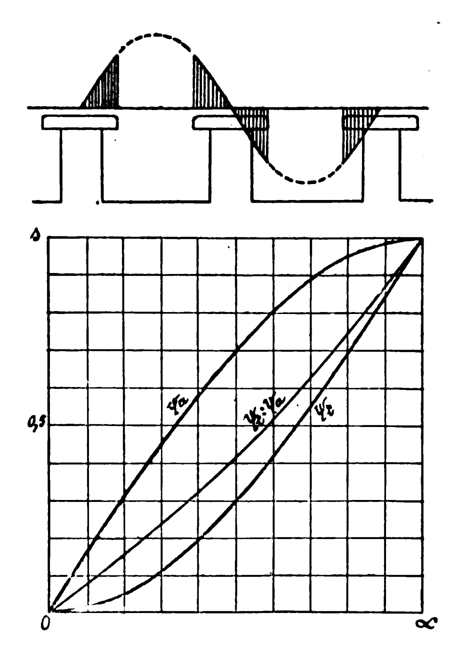
Leur rapport est donné par

$$\frac{\Psi_t}{\Psi_a} = \frac{1 - \cos\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)}{\sin\left(\alpha\frac{\pi}{2}\right)} = \text{tang}\left(\frac{\alpha\pi}{4}\right)$$

(*fig.* 5 *a*, *b* et *c*).

Fig. 5.





Pour l'inducteur, le flux est encore une fonction du rapport α, mais cette fonction est différente. Par suite de la disposition des pôles ce champ n'est plus d'une forme sinusoïdale et sa

valeur est environ proportionnelle au rapport α. Ici toutes les spires embrassent le même flux qui est donc une mesure directe pour la self de l'enroulement inducteur; il n'en est pas de même pour l'induit. En effet, considérons le pôle au milieu d'une bobine répartie sinusoïdalement sur le pas polaire; le flux embrassé par une spire est variable dans la partie qui se trouve en face de l'épanouissement polaire, tandis qu'il est le même pour toutes les spires qui tombent en dehors. Si nous produisons ce flux par un courant alternatif qui varie sinusoïdalement, la force électromotrice ne sera plus la même dans chaque spire. Pour un enroulement réparti sinusoïdalement, la force électromotrice totale induite par le flux antagoniste Ψ_a sera

$$\mathcal{E}_a = \int_0^{\frac{\alpha\pi}{2}} \psi \sin^2 x \, dx + \psi \sin \frac{\alpha\pi}{2} \int_{\frac{\alpha\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x \, dx$$

$$= \frac{\pi}{4} \psi \left(\alpha + \frac{1}{\pi} \sin \alpha\pi \right),$$

où ψ est le flux maximum par centimètre d'arc polaire.

Pour $\alpha = 1$, $\mathcal{E}_a = \frac{\pi}{4} \psi = \mathcal{E}_0$, force électromotrice induite pour pôles continus.

Pour même courant et pôles discontinus la force électromotrice antagoniste sera donc

$$K_a = \left(\alpha + \frac{1}{\pi} \sin \alpha\pi \right)$$

fois la tension induite pour pôles continus.

De la même façon, pour déterminer la force électromotrice transversale, il faut multiplier la force électromotrice induite par le même courant dans la machine à pôles continus, par le facteur

$$K_t = \alpha - \frac{1}{\pi} \sin \alpha\pi.$$

En effet :

$$\mathcal{E}_t = \int_{(1-\alpha)\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \psi \sin^2 x \, dx - \psi \sin \frac{(1-\alpha)\pi}{2} \int_{(1-\alpha)\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x \, dx$$

$$= \frac{\pi}{4} \psi \left(\alpha - \frac{1}{\pi} \sin \alpha\pi \right).$$

Cette formule est établie dans l'hypothèse qu'il n'y a aucune ligne de force entre les becs polaires. En réalité, il y en a par suite de la dispersion. Nous en tenons compte en ajoutant à l'expression de $\mathcal{E}_t$ un terme correctif :

$$(1-\alpha)\frac{\pi}{2} a \psi \int_{(1-\alpha)\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x \, dx = \frac{\pi}{4} \psi \left[a(1-\alpha) \sin \frac{\alpha\pi}{2} \right].$$

La valeur de a augmente avec α, on peut prendre pratiquement $a = 0{,}08$ pour $\alpha = 0{,}5$.

Enfin pour le flux inducteur nous pouvons déterminer un facteur K_0 en admettant que le flux est constant sur toute l'étendue de l'épanouissement polaire. On aura alors

$$\mathcal{E}'_0 = \int_0^{\alpha\frac{\pi}{2}} \psi x \, dx + \psi \frac{\alpha\pi}{2} \int_{\frac{\alpha\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin x \, dx$$

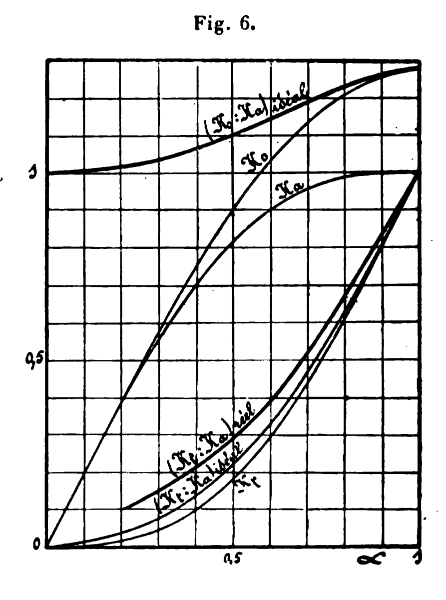
$$= \psi \sin \alpha \frac{\pi}{2} = \mathcal{E}_0 \frac{\pi}{4} \sin \alpha \frac{\pi}{2},$$

d'où

$$K_0 = \frac{4}{\pi} \sin \frac{\alpha\pi}{2}.$$

En réalité la forme du champ inducteur par suite de sa dispersion peut être tout autre, plus

Fig. 6.



pointue, de sorte que la valeur de K_0 peut devenir égale et même plus petite que celle de K_a. La figure 6 représente des valeurs calculées de K_a, K_t, K_0 et leur rapport en fonction de α; il serait inté-

ressant de confirmer par des essais la courbe des valeurs réelles de $\frac{K_t}{K_a}$ [1].

b. Réactance. — Le développement ci-dessus montre que la self d'une seule spire n'est plus une mesure directe pour la self de la machine; chaque spire a encore bien sa self nettement définie, mais elle change de spire en spire et pour l'ensemble de la bobine il ne peut plus être question que d'une self apparente, dont l'effet équivaut à la résultante des effets des selfs de chaque spire. Nous pouvons déterminer cette self apparente par le raisonnement suivant : soit ψ_0 le flux total par pôle inducteur, la force électromotrice induite par ce flux sera proportionnelle à $k_0\psi_0$. Le flux ψ_0 est produit par un courant d'excitation I_0 dans un circuit de self L_0; la force électromotrice dans l'induit est donc : $\mathcal{E}_0 = ck_0 L_0 I_0$, c'est-à-dire la constante magnétique de ce circuit se présente sous la forme $K_0 L_0$. C'est cette expression que nous appellerons *la réactance du circuit inducteur*. On arrive de la même manière à la conception de la réactance du circuit antagoniste qui est $K_a L$ et du circuit transversal qui est $K_t L$, où L représente la self du circuit magnétique pour pôles continus. Après

(1) *Remarque.* — En réalité les forces électromotrices induites dans la machine par les champs antagonistes et transversaux ne sont pas produites par des champs alternatifs variant sinusoïdalement mais, par des champs constants tournant par rapport à l'induit. Il s'ensuit que les ondes des courbes des forces électromotrices ne sont pas des sinusoïdes simples, mais ont une forme dépendante de la forme de ces champs; il n'est donc plus permis de représenter la valeur effective de ces forces électromotrices dans un diagramme de vecteurs, qui ne peut figurer qu'un ensemble de variations sinusoïdales de même fréquence. Nous ne pouvons donc faire intervenir dans notre diagramme que les ondes fondamentales de la série des sinusoïdes dans laquelle on peut décomposer ces forces électromotrices de forme variée.

Or, le calcul de $\mathcal{E}_a$ et $\mathcal{E}_t$, tel que nous venons de le donner, n'est pratiquement que le calcul de ces fondamentales.

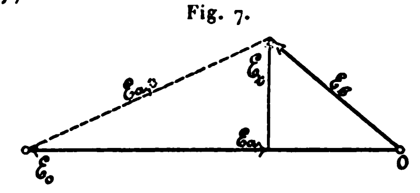
Pour le démontrer observons que les flux fondamentaux sont étendus sur tout l'arc polaire, et, comme ils sont sinusoïdaux, il est indifférent s'ils tournent ou s'ils sont alternatifs. Il suffit donc que les harmoniques supérieurs en alternant ne produisent pas de force électromotrice pour que notre calcul ne se rapporte qu'aux ondes fondamentales.

Or il est facile de s'assurer par calcul ou par graphique que cette condition se trouve réalisée.

la détermination de la courbe de magnétisation on n'a plus à s'occuper du coefficient K_0 parce que la courbe elle-même tient déjà compte de la discontinuité des pôles.

Pour appliquer notre diagramme à des machines à pôles discontinus, il suffit de décomposer les courants de charge en deux courants, l'un en phase avec la force électromotrice induite $\mathcal{E}_0$ et l'autre décalé de 90°; ce dernier courant engendrera le flux antagoniste dans le circuit de réactance $K_a L = \mathfrak{R}_a$ et le premier donnera naissance au flux transversal dans le circuit de réactance $K_t L = \mathfrak{R}_t$ [1]. Les forces électromotrices $\mathcal{E}_a$ et $\mathcal{E}_t$, étant proportionnelles aux flux et décalées de 90° en arrière, se composeront suivant le diagramme pour donner la force électromotrice résultante $\mathcal{E}_{at}$, qui donne avec $\mathcal{E}_0$ la tension $\mathcal{E}_b$ aux bornes (*fig.* 7).

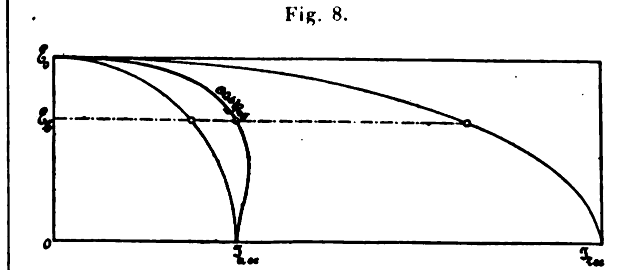
Fig. 7.



Il suffit donc pour tracer le diagramme de connaître la valeur de R_a et de α; $\mathfrak{R}_t$ étant donné par le rapport $\frac{\mathfrak{R}_t}{\mathfrak{R}_a} = \frac{K_t}{K_a}$ qui est constant pour la machine non saturée. On détermine la valeur de $\mathfrak{R}_a$ d'après l'essai en court-circuit.

La caractéristique extérieure que nous obtenons ainsi n'est plus une ellipse; elle a l'allure de la courbe ci-contre (*fig.* 8), qui représente la carac-

Fig. 8.



téristique pour charge non inductive d'une machine non saturée. Il est facile de s'expliquer la forme de cette courbe; au début de la charge le décalage entre le courant et la force électromotrice $\mathcal{E}_0$ est faible et c'est le courant transversal

(1) Nous ne considérons bien entendu que les ondes fondamentales.

qui est le plus important, la courbe tendra donc vers l'ellipse avec le courant de court-circuit $\mathfrak{J}_{tcc}$ correspondant à la réactance $\mathcal{R}_t$; au contraire, vers la fin de la charge, le décalage étant très grand, la courbe se rapprochera de l'ellipse avec le courant de court-circuit $\mathfrak{J}_{acc}$ correspondant à la réactance $\mathcal{R}_a$. L'allure de la courbe dépend donc essentiellement du rapport $\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}$; si ce rapport devient assez faible, on voit apparaître la possibilité qu'il y a, pour même excitation, des courants de débit plus grand que le courant de court-circuit. C'est que, par suite de la variation de la réactance de la machine, l'impédance de celle-ci diminue plus vite que n'augmente l'impédance totale avec circuit extérieur. Nous verrons ci-après que, malgré les différentes influences qui tendent à l'effacer, on peut encore constater ce phénomène dans nos machines pratiques.

En ce qui concerne la charge purement inductive, le courant étant entièrement antagoniste, la courbe de charge sera toujours une droite comme pour la machine à pôles continus.

c. Influence de la saturation. — Il s'agit maintenant de rechercher quelle est l'influence de la saturation sur la réactance des circuits magnétiques antagoniste et transversal.

Nous n'envisagerons la saturation que dans le circuit inducteur; c'est en effet assez rare de rencontrer des machines à induit saturé pour la simple raison que les conditions de marche s'opposent généralement à cette pratique.

En ce qui concerne le circuit antagoniste, il ne s'y présente rien de spécial; on peut trouver pour chaque état magnétique la valeur de $\mathcal{R}_a$ d'après la courbe de magnétisation et le courant de court-circuit, comme nous l'avons trouvé auparavant pour les machines à pôles continus; la dispersion de l'inducteur y joue le même rôle et l'on en tient compte de la même manière.

Quant à la valeur de $\mathcal{R}_t$, nous allons démontrer qu'elle est indépendante de l'état magnétique de la machine et que sa valeur est toujours égale à la valeur de $\mathcal{R}_a$ pour non-saturation, multipliée par le rapport $\frac{K_t}{K_a}$. En effet, supposons l'induit dans la position transversale et parcouru par un courant, les pôles n'étant pas excités; son champ se fermera à travers les épanouissements polaires. D'autre part, si nous excitons l'inducteur sans courant dans l'induit, les bobines de celui-ci n'embrasseront aucun flux puisqu'il y aura autant de lignes de force qui y entrent et qui en sortent. Si maintenant l'induit est parcouru par le même courant que précédemment, il n'y aura aucune variation du nombre de lignes de force de l'inducteur, mais seulement un déplacement des lignes de force de l'inducteur dans l'entrefer, de façon que l'enroulement de l'induit est traversé exactement par le même nombre de lignes de force qu'avant, quand les pôles n'étaient pas excités et ceci quelle que soit l'excitation de l'inducteur. Il s'ensuit que la valeur de la réactance transversale est indépendante de l'état magnétique de l'inducteur; elle reste donc constante. Nous supposons, bien entendu, que la déformation dans la répartition des lignes de force n'entraîne aucune saturation locale, soit dans les dents de l'induit, soit dans les cornes polaires de l'inducteur [1].

d. Influence de la dispersion. — La dispersion de l'inducteur et celle de l'induit se traitent de la même façon que pour la machine spéciale. La dispersion de l'induit produit une force électromotrice proportionnelle au courant et décalée de 90° sur celui-ci, et la valeur de sa réactance $\mathcal{R}_s$ se détermine par le calcul ou par l'essai. La dispersion de l'inducteur se détermine le mieux par calcul.

e. Influence de la forme des champs. — Le diagramme, comme il vient d'être établi, ne contient évidemment que les grandeurs fondamentales, l'influence des harmoniques supérieures ne peut être considérée dans un diagramme de vecteurs.

Quant aux champs inducteur et antagoniste, leur forme ne diffère pas beaucoup d'une sinusoïde; du reste, on en tient déjà compte dans la courbe de magnétisation qui contient le facteur K_0 et dans le courant du court-circuit qui, comme courant presque entièrement antagoniste, contient les facteurs K_0 et K_a.

[1] Le fait que la réactance transversale est constante et indépendante de la saturation des pôles n'a pas seulement une influence favorable sur la chute de tension, mais il est encore très avantageux pour le fonctionnement en parallèle des alternateurs. Le courant d'échange entre deux machines étant surtout un courant watté sa valeur est déterminée par R_t et par conséquent pas influencée par la saturation. Il est même avantageux de saturer les noyaux polaires parce que, pour même rapport entre courant de court-circuit et courant normal, $\mathcal{R}_t$ sera plus grand pour la machine saturée.

Si donc, pour une charge intermédiaire entre la marche à vide et le court-circuit, n'entraient en compte que des éléments de forme semblable à K_0 et K_a, on pourrait se servir sans plus des courbes de magnétisation et de court-circuit pour la détermination de ces éléments. Or, il n'en est pas du tout ainsi pour le champ transversal qui a une forme d'un tout autre caractère et qui induit des forces électromotrices de fréquence supérieure qui ne sont point négligeables.

La tension aux bornes pour une charge intermédiaire quelconque ne sera donc plus de fréquence simple, mais composée de tensions de différentes fréquences; l'état magnétique de la machine ne peut se déduire de la tension mesurée aux bornes, mais dépend de sa composante de fréquence fondamentale.

Il serait très compliqué de rechercher l'influence exacte de toutes ces harmoniques supérieures; en général, leur influence est de la grandeur d'une correction et il est préférable de ne travailler qu'avec les valeurs fondamentales, c'est-à-dire avec un diagramme simple, et de savoir dans quel sens il faut apporter la correction et de quelle importance elle est.

Pour établir ce diagramme nous adoptons pour une excitation donnée un état magnétique et nous recherchons le courant et la tension qui y correspondent.

On voit, des essais que nous décrirons ci-après, que les résultats donnés par ce diagramme fondamental ne diffèrent que très peu des résultats obtenus en mesurant la tension par phase. Il faut, en effet, faire une différence entre tension entre phases et tension par phase. On se rend facilement compte que dans un bobinage triphasé les forces électromotrices de triple fréquence induites dans les trois phases (et c'est surtout celle-là qui est prononcée pour la tension transversale) sont en phase entre elles et opposées; elles ne viennent donc pas en considération pour la tension entre phases. Il s'ensuit que le rapport des tensions entre phases et par phase, devient variable avec la charge.

Il suffirait donc de connaître la valeur des forces électromotrices de fréquence triple pour trouver, avec la tension par phase donnée par le diagramme, la tension entre phases qui est donnée par $\sqrt{\mathcal{E}_b^2 - \mathcal{E}_{3v}^2}$.

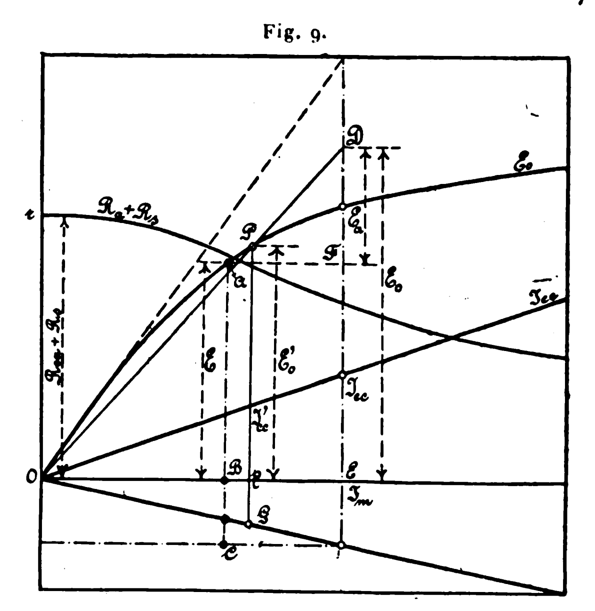
Il est important de noter que, pour une charge purement inductive où le champ transversal n'existe pas, le rapport entre ces tensions doit rester constant; en pratique, où l'on travaille toujours avec un certain décalage, cette correction devient donc moins importante dans les environs de la charge normale.

Remarquons encore que les courants de fréquences supérieures résultant des forces électromotrices ne sont pas autant limités par la réactance de la machine même qu'on le croirait de prime abord.

Par suite de la production des courants de Foucault dans les pièces polaires massives, leur champ est annulé et leur réactance comparée avec celle du courant fondamental n'est pas du tout augmentée dans le rapport de leur fréquence.

f. Diagramme définitif des tensions fondamentales. — Voyons maintenant comment le diagramme se présente pour une charge non inductive. Nous connaissons par essai ou par calcul la courbe de magnétisation et la courbe du courant de court-circuit en fonction de l'excitation;

Fig. 9.



la dispersion de l'induit et de l'inducteur et de la résistance ohmique par phase. Nous pouvons construire la courbe de la réactance $\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_s$, qui n'est autre que le rapport $\frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{I}_{cc}}$ [1]. Pour la non sa-

[1] L'influence de la résistance ohmique qui introduit dans le diagramme du court-circuit $\mathcal{E}_r$ et $\mathcal{E}_t$ sur la valeur de $\mathcal{R}_a$ est si faible, qu'il est entièrement justifié de la négliger.



turation nous trouvons (*fig.* 9) :

$$\mathcal{R}_{0a} + \mathcal{R}_s = \overline{Or},$$

d'où

$$\mathcal{R}_{0a} = \overline{Or} - \mathcal{R}_s \quad \text{et} \quad \mathcal{R}_t = (\overline{Or} - \mathcal{R}_s)\frac{K_t}{K_a}.$$

Cherchons maintenant quels seront le courant et la tension aux bornes correspondant à un état magnétique dans la machine défini par la tension $\mathcal{E}$ et l'excitation $\mathcal{I}_m$. Le flux qui traverse les pôles dans ces conditions sera égal à la somme des flux correspondant à la tension $\mathcal{E}$ et au flux de dispersion pour l'excitation $\mathcal{I}_m$. La réactance de cet état magnétique se trouvera définie par le point P, quand PG = AC; en effet, en ce point le même flux total traversera les pôles, on aura

$$\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_s = \frac{\overline{Pp}(=\mathcal{E}'_0)}{\mathcal{I}'_{cc}}.$$

Si nous traçons maintenant la droite OP, nous aurons en DE $= \mathcal{E}_0$ la force électromotrice qui, avec le courant d'excitation $\mathcal{I}_m$, serait induite dans la machine, si l'état magnétique restait celui du point P; nous avons

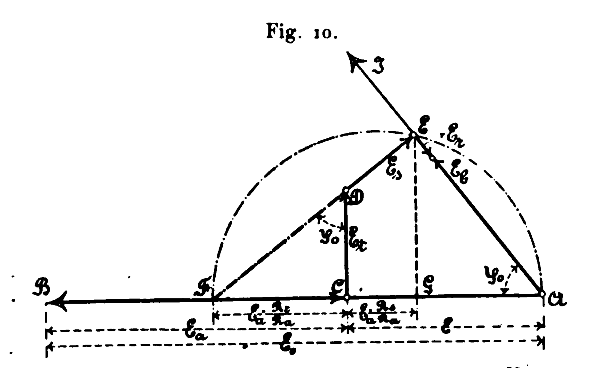
$$\frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{I}_{cc}} = \frac{\mathcal{E}'_0}{\mathcal{I}'_{cc}},$$

c'est-à-dire

$$\mathcal{E}_0 = (\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_s)\mathcal{I}_{cc}.$$

Comme par hypothèse la tension dans la machine est donnée par $\mathcal{E}$, il faut bien que DF $= \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}$ représente la tension antagoniste due à la composante du courant qui est perpendiculaire à $\mathcal{E}_0$, c'est-à-dire $\mathcal{E}_a = \mathcal{R}_a \mathcal{I} \sin\varphi_0$ (*fig.* 10). La tension

Fig. 10.



transversale due au courant $\mathcal{I}\cos\varphi_0$ est perpendiculaire à $\mathcal{E}_a$ (en CD) et $\mathcal{E}_t = \mathcal{R}_t \mathcal{I}\cos\varphi_0$. Pour trouver la tension aux bornes $\mathcal{E}_b$ il faut encore composer la tension résultante AD avec la tension de dispersion $\mathcal{E}_s = \mathcal{I}\mathcal{R}_s$ qui est à 90° du courant et proportionnelle à ce dernier et avec la chute ohmique $\mathcal{E}_r = \mathcal{I}r$, qui est en phase avec le courant et la tension aux bornes. Prolongeons la droite ED jusqu'en F et observons que l'angle $\widehat{FDC} = \varphi_0$. Il s'ensuit que

$$\overline{FC} = \overline{DC}\,\text{tang}\,\varphi_0 = \mathcal{I}\cos\varphi_0\,\mathcal{R}_t\,\text{tang}\,\varphi_0 = \mathcal{I}\sin\varphi_0\,\mathcal{R}_t.$$

Comme

$$\overline{CB} = \mathcal{I}\sin\varphi_0\mathcal{R}_a,$$

on a

$$\frac{\overline{FC}}{\overline{BC}} = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}.$$

Observons encore que

$$\overline{FD} = \sqrt{(\mathcal{I}\cos\varphi_0\mathcal{R}_t)^2 + (\mathcal{I}\sin\varphi_0\mathcal{R}_t)^2} = \mathcal{I}\mathcal{R}_t,$$

c'est-à-dire

$$\overline{FE} = \mathcal{I}(\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s)$$

et que

$$\overline{CG} = \overline{DE}\sin\varphi_0 = \mathcal{I}\mathcal{R}_s\sin\varphi_0,$$

donc

$$\frac{\overline{CG}}{\overline{CB}} = \frac{\mathcal{R}_s}{\mathcal{R}_a}$$

et que l'angle en E est droit par construction et nous arrivons au diagramme suivant :

Nous construisons une demi-circonférence sur $\left(\mathcal{E} + \mathcal{E}_a\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}\right)$ comme diamètre; si nous élevons une perpendiculaire au point G qui divise le diamètre en $\left(\mathcal{E}_a\frac{\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s}{\mathcal{R}_a}\right)$ et $\left(\mathcal{E} - \mathcal{E}_a\frac{\mathcal{R}_s}{\mathcal{R}_a}\right)$, les deux cordes $\overline{FE}$ et $\overline{EA}$ représenteront respectivement les valeurs $\mathcal{I}(\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s)$ et $\mathcal{E}_b + \mathcal{I}r$. On aura donc

$$\mathcal{I} = \frac{\overline{FE}}{\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s} \quad \text{et} \quad \mathcal{E}_b = \overline{EA} - \mathcal{I}r.$$

Pour un $\cos\varphi$ extérieur quelconque le diagramme se compose de la même façon; mais, par suite du décalage du courant sur la tension, il prend une autre forme. La tension de dispersion est toujours perpendiculaire au courant et la chute ohmique en phase avec lui. Nous pouvons donc construire un triangle FKA dans lequel

$$\overline{FK} = \mathcal{I}(\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s - r\,\text{tang}\,\varphi), \quad \overline{KA} = \mathcal{E}_b + \frac{\mathcal{I}r}{\cos\varphi}$$

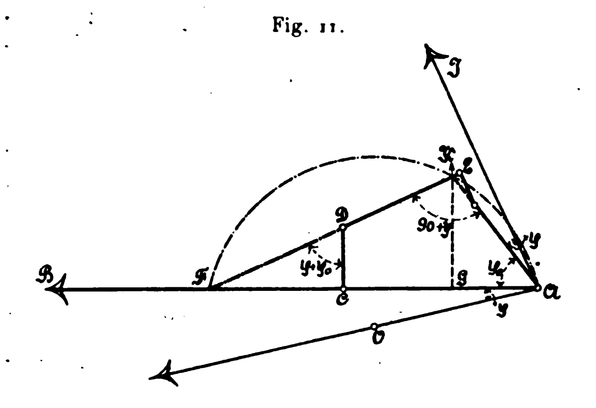
et l'angle

$$\widehat{FKA} = 90° + \varphi,$$

et le point K doit se trouver sur un arc de cercle

dont $\overline{AF}$ est une corde et le centre sur une droite $\overline{AO}$ qui fait l'angle φ avec la corde. Cet arc se

Fig. 11.



construit de la même façon que la demi-circonférence pour le $\cos\varphi = 1$ et les longueurs $\overline{FK}$ et $\overline{KA}$ nous donnent (*fig.* 11)

$$\mathcal{I} = \frac{\overline{FK}}{\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s - r \tang\varphi} \quad \text{et} \quad \mathcal{E}_b = \overline{KA} - \frac{\mathcal{I}_r}{\cos\varphi}.$$

Pour $\cos\varphi = 1$ on retrouve les formules données ci-dessus pour charge non inductive. Enfin pour $\cos\varphi = 0$ l'arc de cercle devient la droite $\overline{FA}$ et, comme en même temps r doit devenir o, on aura

$$\mathcal{E}_b = \overline{GA} \quad \text{et} \quad \mathcal{I} = \frac{\overline{FG}}{\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s},$$

ou, ce qui est la même chose,

$$\mathcal{I} = \frac{\overline{BG}}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_s} \quad [1].$$

(*A suivre*). J. REZELMAN.

[1] La valeur AF qui sert de diamètre ou de corde fondamentale varie pour chaque point de la courbe de charge. Notre diagramme ne permet donc pas de voir d'un seul coup d'œil comment varient courant et tension aux bornes; il faut passer par un calcul qui du reste n'offre aucune difficulté. Cependant, en traçant les différents arcs de cercle pour même excitation et même $\cos\varphi$ et en notant chaque fois le point obtenu, on peut relier tous ces points par une courbe qui affecte la forme d'un œuf et qui passe par le point A et un point B donné par $\overline{AB} = \mathcal{E}_0$, tension à vide pour l'excitation choisie. Si maintenant on construit une équerre avec un angle $(90° + \varphi)$ et si l'on fait parcourir la pointe de l'équerre sur la courbe en œuf en faisant passer une jambe par le point A, on a pour chaque position de l'équerre une image du courant et de la tension par les deux côtés $\overline{KA}$ et $\overline{KF}$. La construction de ces courbes pour des $\cos\varphi$ différents est très facile, nous en donnerons un exemple ci-après (*fig.* 17).

ANALYSES ET COMPTES RENDUS.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Construction rationnelle des transformateurs Tesla, par M. P. DRUDE (*Annalen der Physik*, t. XVI, p. 116-134, janvier 1905).

La différence de potentiel V_2 aux bornes du secondaire d'un transformateur Tesla est donnée par la formule

$$V_2 = \frac{1}{4}\rho F \sqrt{\frac{C_1}{C_2}\frac{L_{21}}{L_{12}}}.$$

Dans cette formule, ρ est un coefficient qui dépend du décrément logarithmique moyen $\frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2)$ des deux circuits et de leur degré de liaison k^2. Ce coefficient est plus petit que 1 [1]. F est la différence de potentiel initiale entre les pôles de l'exploseur primaire : C_1 et C_2 sont les capacités du primaire et du secondaire; $\frac{L_{21}}{L_{12}}$ est une fonction du degré de liaison k^2 et des dimensions de la bobine secondaire dont la valeur est un peu supérieure à 1.

On se propose de chercher dans quelles conditions V_2 sera le plus grand possible.

Le décrément γ_1 est indépendant de la capacité C_1 et de la self-induction L_1 du primaire, pourvu que la construction du condensateur C_1 et la longueur de l'étincelle remplissent les conditions les plus favorables. Le décrément γ_2 est pratiquement nul quand il ne se produit pas de décharge par aigrettes aux extrémités du secondaire. Autrement, la valeur de γ_2 peut devenir notable. La construction de la

[1] L'auteur a dressé une table de ces valeurs (*Ann. der Phys.*, t. XIII, p. 550).

bobine secondaire qui donnera les meilleurs résultats variera donc suivant ce qu'on lui demande. On supposera d'abord qu'il ne se produit pas d'aigrette.

Puisque $\gamma_1 + \gamma_2$ est constant, ρ n'est plus fonction que du degré de liaison k^2. Ce dernier dépend des valeurs relatives de la hauteur h de la bobine, de son diamètre $2r$, du diamètre $2r_1$ du circuit primaire et du diamètre $2\rho_1$ du fil primaire. Il en est de même de $\frac{L_{21}}{L_{12}}$.

La capacité C_2 du secondaire (sans antenne) peut être mise sous la forme

$$C_2 = r\Phi\left(\frac{h}{2r}\right);$$

en toute rigueur elle dépend aussi de la grosseur du fil et du pas de la bobine, mais assez peu pour qu'on en fasse abstraction dans un calcul de première approximation. Dans ces conditions :

$$V_2 = F\sqrt{\frac{C_1}{r}}\chi\left(\frac{h}{2r}, \frac{r}{r_1}, \frac{r_1}{\rho_1}\right).$$

Il est clair que V_2 sera d'autant plus grand que l'énergie primaire $\frac{1}{2}C_1F^2$ sera plus grande. Mais comme la puissance des sources à haut potentiel est limitée, on est forcé de limiter aussi la valeur de C_1. Pratiquement, il faut donc considérer la capacité primaire C_1 comme donnée. Il s'agira donc de déterminer pour quelle valeur du rapport $\frac{h}{2r}$ de la hauteur au diamètre de la bobine, la différence de potentiel secondaire V_2 sera maximum en supposant que F_1, C_1, r, r_1 et ρ_1 soient donnés.

La question est susceptible d'une étude expérimentale assez simple. Il suffira d'introduire (dans un circuit primaire donné) des bobines secondaires, ayant toutes le même rayon et la même période d'oscillation propre, mais une hauteur différente et de comparer les résultats.

Le circuit primaire est formé de deux demi-cercles dont les extrémités sont reliées aux armatures du condensateur : les autres sont garnies de pôles en zinc et laissent entre elles un intervalle de $0^{mm},5$ environ, à travers lequel éclatent les étincelles. Le condensateur est constitué par deux plaques d'aluminium plongées dans le pétrole et dont l'écartement peut être réglé par une vis micrométrique.

Tout d'abord on règle la résonance entre le circuit primaire et l'une des bobines secondaires : on reconnaît le degré de résonance par la luminescence d'un tube de Warburg, placé au voisinage de l'extrémité de la bobine. Puis on enfonce celle-ci dans le primaire jusqu'à ce que son plan médian coïncide avec celui du cercle primaire.

Pour déterminer le potentiel maximum V_2, on cherche la longueur maximum d'étincelle qu'on peut obtenir entre l'extrémité de la bobine secondaire et un fragment de fil de cuivre isolé : ou encore la distance maximum à laquelle s'illumine encore un tube de Warburg.

A l'aide d'un circuit secondaire formé de deux fils parallèles et d'un pont mobile et d'un tube de Warburg on détermine les longueurs d'onde λ et λ' du système qui permet de calculer le coefficient de liaison k^2,

$$k = \frac{\lambda^2 - \lambda'^2}{\lambda^2 + \lambda'^2}.$$

Résultats. — La valeur la plus favorable de $\frac{h}{2r}$ est d'autant plus petite que $\frac{r_1}{r}$ est plus petit : Ainsi pour $\frac{r_1}{r} = 2$, la fonction χ est maximum pour $\frac{h}{2r} = 2,5$: pour $\frac{r_1}{r} = 1,25$ ce maximum correspond à $\frac{h}{2r} = 2$.

Cette valeur optimum de $\frac{h}{2r}$ est un peu plus grande que celle qui répond au maximum du coefficient de liaison k^2.

S'il se produit des décharges par aigrette, $\frac{h}{2r}$ est plus petit, à cause de l'augmentation d'amortissement.

L'expérience vérifie la proposition énoncée ci-dessus que k^2 dépend seulement des valeurs relatives de h, r, r_1, ρ_1 et non du nombre n des spires. Ce coefficient varie peu avec $\frac{r_1}{\rho_1}$. Avec des dimensions bien choisies, on peut réaliser la valeur très élevée $k = 0,74$.

Si l'on pose $\frac{h}{r} = p$, $\frac{r_1}{r} = q$, et si f désigne une fonction de $\frac{h}{2r}$ et de $\frac{g}{8}$ dont les valeurs sont données dans un Mémoire précédent [1], on peut calculer le rayon et la hauteur de la bobine secondaire par la formule

$$r^3 = a\frac{r_1}{r}g^2C_1\left(\log\frac{8r_1}{\rho_1} - 2\right),$$

le coefficient a dépendant de $\frac{h}{r}$

$p = \frac{h}{r}$...	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
f........	1,11	1,05	0,99	0,93	0,88	0,85	0,82
a........	0,283	0,231	0,200	0,179	0,162	0,144	0,129

La discussion conduit à cette conclusion que dans

[1] DRUDE, *Annalen der Physik*, t. IX, p. 322.

un transformateur Tesla pour lequel $\frac{r_1}{r} = 2$, la différence de potentiel secondaire V_2 est maximum quand $\frac{h}{2r} = 2,6$, et si $\frac{r_1}{r} = 1,25$, quand $\frac{h}{2r} = 2,2$.

Supposant ces conditions remplies, on a :

$$\text{pour } \frac{r_1}{r} = 2 \quad \begin{cases} r^3 = 0,155 \frac{r_1}{r} g^2 C_1 \left(\log \frac{8 r_1}{\rho_1} - 2\right), \\ h = 5,2 r, \end{cases}$$

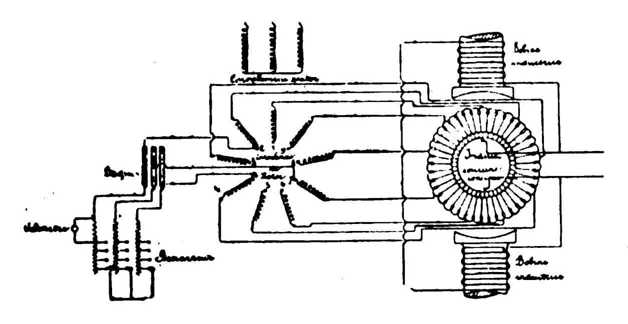
$$\text{pour } \frac{r_1}{r} = 1,25 \quad \begin{cases} r^3 = 0,184 \frac{r_1}{r} g^2 C_1 \left(\log \frac{8 r_1}{\rho} - 2\right), \\ h = 4,4 r. \end{cases}$$

La différence de potentiel V_2 croît comme la racine cubique de $\frac{C_1}{g}$: il convient donc de prendre la capacité primaire aussi grande que possible et le pas de la bobine le plus petit possible.

Elle n'est notablement supérieure à la différence de potentiel primaire que si le nombre des spires dépasse quelques centaines. Il paraît d'ailleurs, d'après les calculs approximatifs, que cette différence de potentiel est moins élevée qu'on ne l'admet généralement.

M. LAMOTTE.

Convertisseur rotatif en cascade de la Compagnie générale électrique de Nancy (*Industrie électrique*, t. XIV, p. 300-304, 10 juillet). — Malgré les avantages qu'elles présentent par rapport aux groupes moteurs-générateurs, les commutatrices n'ont guère trouvé d'emploi en dehors des sous-stations de transformation pour la traction. Cela tient surtout aux difficultés de fonctionnement de ces appareils lorsque la fréquence du courant alternatif qu'ils doivent transformer dépasse la valeur 25 généralement adoptée dans les transmissions primaires des réseaux de traction. Pour lever ces difficultés, la Compagnie générale électrique de Nancy a eu l'idée d'associer à la commutatrice un transformateur de fréquence qui réduit à la moitié la fréquence du réseau d'alimentation; en outre, comme ce transformateur



est constitué par un moteur asynchrone marchant à la moitié de la vitesse de synchronisme, l'énergie mécanique engendrée par ce moteur est utilisée pour actionner l'arbre de la commutatrice qui fonctionne dès lors partiellement comme génératrice. Elle a réalisé ainsi un groupe convertisseur que l'on pourrait appeler *moteur-générateur-commutatrice,* puisqu'il tient à la fois du moteur générateur et de la commutatrice, l'énergie électrique des courants alternatifs d'alimentation étant convertie en courant continu, moitié par une double transformation d'énergie électrique en énergie mécanique, et, inversement, comme dans les groupes moteurs générateurs, moitié directement comme dans la commutatrice.

La figure représente les connexions électriques du rotor du moteur asynchrone avec le rotor de la commutatrice, rotors qui sont tous deux montés sur le même axe. Au démarrage, le courant alternatif est lancé dans le stator et provoque des courants induits dans les bobinages du rotor. Au début, trois seulement des neuf ou douze bobinages du rotor sont utilisés; ils sont connectés, comme l'indique le schéma, au moyen de bagues et de résistances extérieures, à un point neutre; on diminue graduellement ces résistances jusqu'à ce que la demi-vitesse du synchronisme soit atteinte, puis, quelques secondes après, quand la stabilité du régime est assurée, on met les bagues en court-circuit.

Il est évident que, quand la demi-vitesse de synchronisme est obtenue, la fréquence des courants induits dans le rotor est la moitié de celle du courant d'alimentation; par suite, ces courants développeront dans le rotor de la commutatrice un champ tournant dont la vitesse angulaire de rotation, par rapport à ce rotor, est la moitié de celle du champ tournant développé dans le stator du moteur par le courant d'alimentation. Comme le rotor de la commutatrice est lui-même entraîné dans l'espace avec cette même vitesse puisqu'il est calé sur l'arbre du moteur et que, d'autre part, les connexions sont telles que ces deux vitesses sont opposées, le champ magnétique est immobile dans l'espace.

Le convertisseur rotatif tenant à la fois des moteurs-générateurs et des commutatrices, la Compagnie générale électrique de Nancy revendique en sa faveur les avantages des uns et des autres de ces appareils : possibilité de mettre en marche par le côté alternatif ou le côté continu, très grande simplicité des manœuvres de démarrage, facilité de réglage de la tension dans d'assez larges limites, décrochage presque impossible, grand rendement, etc. Dans le cas où l'appareil doit alimenter un réseau continu à trois fils, il suffit de relier l'extrémité du conducteur neutre au point neutre du rotor du moteur pour obtenir l'équilibrage automatique des deux ponts, ce qui permet de se passer de groupe équilibreur, avantage important au point de vue des distributions d'éclairage et de force motrice.

Sur l'emploi d'éléments d'opposition pour la mise en parallèle d'une batterie-tampon avec une dynamo compound, par F. SARRAT (*Bulletin de l'Association de l'Institut Montefiore*, 3ᵉ série, t. V, p. 159-169). — Nous avons déjà eu l'occasion de signaler, pour mémoire, dans une récente Communication [1], le procédé bien connu qui consiste, pour mettre une batterie-tampon à même de fonctionner aux bornes d'une dynamo compound, à intercaler une résistance réglable à la suite de l'enroulement-série de cette machine et à shunter le tout, comme l'indique le schéma suivant (*fig.* 1), au moyen d'un ou plusieurs éléments d'accumulateurs.

Nous reviendrons ici sur ce dispositif afin d'examiner en détail le mécanisme de son fonctionnement et d'indiquer le moyen d'apprécier, dans chaque cas, l'efficacité de son emploi éventuel.

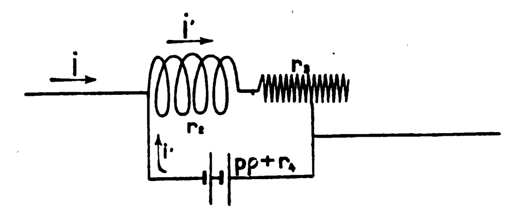
Nous supposerons, pour simplifier, que l'enroulement compound de la machine soit tel que, traversé par le courant I_1, qui représente le régime à maintenir, il ait exactement pour effet de compenser la réaction d'induit correspondant à ce débit.

[1] Voir *Bulletin de* 1904, fascicules 3-4 : *Conditions générales d'utilisation d'une batterie-tampon munie d'un survolteur automatique. Voir* aussi : *La Revue électrique,* t. I, 15 et 29 février 1904, p. 65 et 97.

Reprenant la plupart des notations déjà employées dans un autre de nos Mémoires [1] auquel nous aurons à nous reporter plus loin, nous appellerons :

r_2, I' et n', la résistance, le courant et le nombre de spires actives relatifs à l'enroulement-série;
r_3, la résistance réglable mise en série avec cet inducteur;
I, le courant débité par la machine;
I_0, le courant absorbé par le réseau;
E, la tension normale aux barres du tableau;
e et ρ, la force électromotrice et la résistance d'un élément d'opposition;
p, le nombre d'éléments d'opposition mis en série;
r_4, la résistance des câbles intervenant dans le branchement de ces éléments;
i' le courant traversant le circuit de ces derniers (compté positivement dans le sens de la décharge);
i_0 le courant circulant dans l'enroulement shunt, à vide, quand on ouvre le circuit des éléments d'opposition;
N, le nombre de spires du précédent enroulement.

Fig. 1.



Voyons d'abord comment variera le courant traversant l'enroulement compound I' avec le débit de la machine.

Posant $\Sigma r = r_2 + r_3 + r_4 + p\rho$, nous pourrons écrire

$$I' = I + i' \tag{1}$$

et

$$i' = \frac{pe - I(r_2 + r_3)}{\Sigma r}, \tag{2}$$

d'où

$$I' = \frac{p(e + I\rho)}{\Sigma r}. \tag{1'}$$

On aura donc, pour $I = 0$,

$$i' = I' = \frac{pe}{\Sigma r}. \tag{3}$$

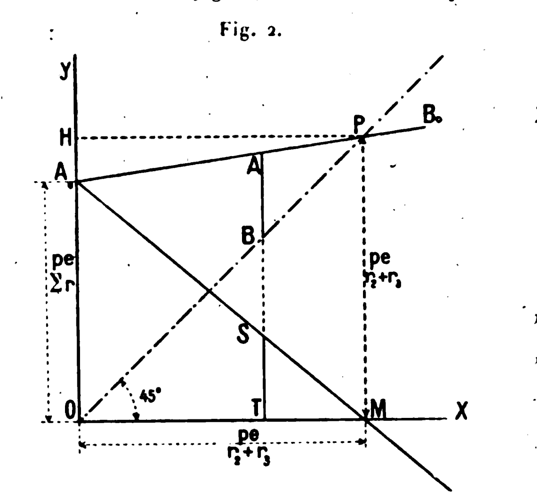
Pour des valeurs du débit I croissant jusqu'à $\frac{(r_2 + r_3)}{pe}$, i, courant de décharge, diminuera jusqu'à s'annuler, tandis que I' croîtra depuis la valeur minimum $\frac{pe}{\Sigma r}$ jusqu'à $\frac{pe}{(r_2 + r_3)}$; le débit I continuant à augmenter au-dessus de cette dernière valeur, i changera de signe et deviendra un courant de charge croissant avec I, tandis que I' continuera à suivre la même progression ascendante (1').

Le rôle des éléments d'opposition branchés sur l'enroulement-série apparaît déjà tout entier dans ce fait qu'ils auraient pour effet, si leur résistance propre, ainsi que celle de leurs câbles de liaison, pouvait être nulle, de maintenir dans le précédent enroulement, quelle que soit la charge de la machine, un courant rigoureusement constant [1].

Mais interprétons, pour plus de clarté, dans un graphique, les précédents résultats.

Portons en abscisses (*fig.* 2) le débit I de la dynamo et

Fig. 2.



en ordonnées le courant I' traversant l'enroulement compound; ce dernier courant sera figuré par une droite A_0B_0 telle que l'on ait

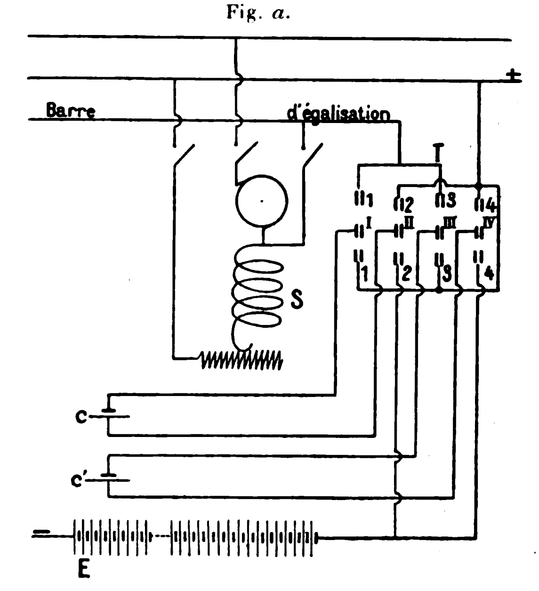
$$OA_0 = \frac{pe}{\Sigma r} \quad \text{et} \quad PM = \frac{pe}{r_2 + r_3}.$$

---

[1] Voir *Bulletin de* 1904, fascicules 6-7-8 : *Contribution à l'étude générale des dynamos auto-excitatrices à courant continu.*

[1] La figure (a) représente un dispositif permettant, au moyen de quatre interrupteurs à renversement, de faire

Fig. a.



passer, pour la recharge, dans le circuit de la batterie-tampon, un des éléments ou groupe d'éléments d'opposition pendant que l'autre est en service. Par exemple, en fermant les interrupteurs III et IV sur les plots supérieurs et I et II sur les plots inférieurs, l'élément e ferait partie de la batterie, tandis que e' serait en service comme élément d'opposition.

Nous pouvons distinguer dans le courant d'excitation AT qui parcourt l'enroulement-série, pour une valeur quelconque OT du débit de la dynamo, les deux éléments suivants :

1° Le courant BT = AS qui peut être appelé *courant de compensation* parce qu'il est à lui seul suffisant pour parer à la réaction d'induit;

2° Le *courant auxiliaire* AB = ST, qui traverse les éléments d'opposition et dont l'effet magnétisant est additif ou soustractif selon que ce courant correspond à la décharge ou à la charge des susdits éléments, c'est-à-dire suivant que l'on a

$$I \lessgtr \frac{pe}{r_2 + r_3}.$$

C'est ce dernier courant AB = I″, évidemment, qui aura pour effet de donner à la nouvelle caractéristique extérieure de la machine l'inclinaison nécessaire pour provoquer le fonctionnement de la batterie-tampon. Comme $I'' = I_1 \frac{(r_2 + r_3)}{\Sigma r}$, pour I = o, nous voyons qu'un des facteurs déterminants de l'efficacité du système sera le *rendement d'utilisation des éléments d'opposition dans leur circuit de travail.*

La valeur de ce rendement ne dépend, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, que de la résistance du circuit des éléments précités et de l'intensité du courant normal de la dynamo I_1.

En effet, pour que les éléments d'opposition soient parcourus en service par des courants de charge et de décharge sensiblement équivalents, il faut que la résistance additionnelle r_3 satisfasse à la relation

$$(5) \qquad I_1 = \frac{pe}{r_2 + r_3}.$$

Il s'ensuit donc que l'on aura

$$(6) \qquad \eta = \frac{r_2 + r_3}{\Sigma r} = \frac{e}{e + I_1\left(\frac{r_1}{p} + \rho\right)},$$

ce qui représente précisément la valeur du rendement sous lequel s'effectuerait la charge des susdits éléments au régime I_2 (*si e ne variait pas*).

Deux conséquences résultent de cette dernière relation :

1° Il conviendra de choisir en général des éléments présentant une grande surface active, non pas à cause de la capacité requise, mais en raison de la faible résistance intérieure nécessaire;

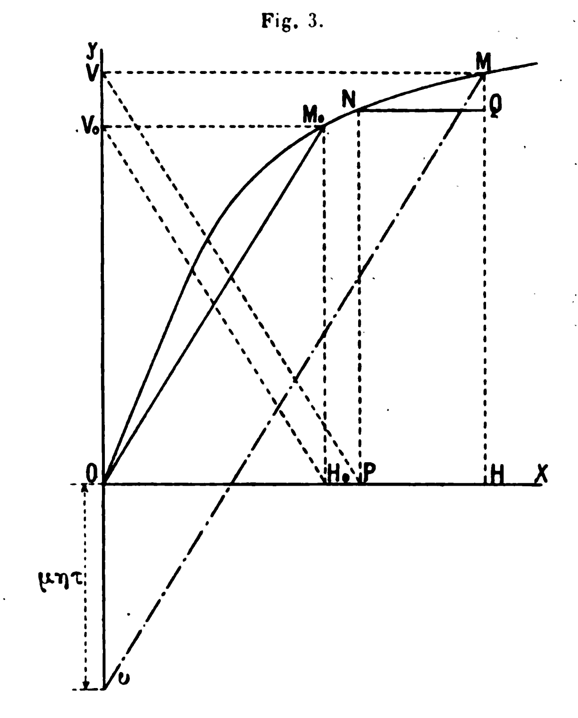
2° Ces éléments devront être placés le plus près possible de la dynamo, de manière à réduire au minimum le développement des câbles de liaison; on pourra diminuer encore l'influence de la résistance de ces derniers conducteurs, soit directement en augmentant leur section, soit indirectement en prenant un plus grand nombre d'éléments d'opposition; il y aura donc dans l'emploi de ces deux moyens, au point de vue économique, un juste milieu à rechercher dans chaque cas.

Quant à l'élévation de tension déterminée, dans le fonctionnement à vide, par le courant I″ dont nous venons de nous occuper, elle dépendra nécessairement de la région de la courbe magnétique dans laquelle on fera travailler la machine.

Nous emploierons, pour la calculer, un raisonnement identique à celui qui nous a servi récemment pour la recherche de l'équation caractéristique des dynamos.

Soit OM (*fig.* 3) la courbe représentant, à la vitesse normale de la dynamo, la loi de variation de la force électromotrice engendrée en fonction des ampères-tours-inducteurs résultants; figurons en M_0 et M les deux positions (y_0, x_0) et (y, x) que prend sur cette courbe le point correspondant à la marche à vide, selon que le circuit des éléments

Fig. 3.



d'opposition se trouve ouvert ou fermé (le rhéostat d'excitation de l'inducteur shunt étant réglé de manière que l'on ait $M_0H_0 = E$).

Projetons M et M_0 en V et V_0 sur OY et menons par V une parallèle VP à V_0H_0 : le point M sera tel que le segment PH = NQ soit égal à $n'\eta I_1$.

Recourant aux perméabilités fictives $\mu'_0 = \frac{\mathcal{B}_0}{\mathcal{H}_0}$, $\mu' = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$, $\mu = \frac{(\mathcal{B} - \mathcal{B}_0)}{(\mathcal{H} - \mathcal{H}_0)}$, relatives aux intervalles (o — $\mathcal{H}$), (o — $\mathcal{H}'$), ($\mathcal{H}$ — $\mathcal{H}'$), que nous avons déjà définies dans l'étude prémentionnée, nous pourrons écrire

$$\frac{V_0V}{OV_0} = \frac{\mu n' \eta I_1}{(\mu'_0 - \mu) N i_0},$$

ou, en posant momentanément $\frac{n' I_1}{N i_0} = \tau$,

$$(6) \qquad \frac{V_0V}{OV_0} = \frac{\mu}{\mu'_0 - \mu}\eta\tau.$$

D'autre part, nous aurons de même

$$(7) \qquad \frac{OV}{OV_0} = \frac{\mu'}{\mu'_0 - \mu'}\eta\tau.$$

Écrivant, pour simplifier, $\frac{1}{\eta\tau} = \delta$, nous déduisons directement des deux dernières relations

$$(8) \qquad \frac{\mu'}{\mu'_0 - \mu'} - \frac{\mu}{\mu'_0 - \mu} = \delta,$$

équation qui fixe le point M sur la caractéristique OA; en y remplaçant les éléments μ, μ′ et μ'_0 par les quantités $\frac{(y - y_0)}{(x - x_0)}$, $\frac{y}{x}$ et $\frac{y_0}{x_0}$, qui leur sont respectivement propor-

tionnelles, il vient, toutes réductions et transformations opérées,

$$(8') \quad \delta y_0^2 x^2 - 2\delta x_0 y_0 xy + \delta x_0^2 y^2 - x_0 y_0^2 x + x_0^2 y_0 y = 0,$$

équation de la forme

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey = 0,$$

pour laquelle on a, en même temps,

$$B^2 - 4AC = 0 \quad \text{et} \quad AE^2 - BDE + CD^2 = 0,$$

ce qui veut dire qu'elle représente deux droites parallèles.

Il est visible que l'une de ces droites est précisément le vecteur OM_0 de la figure 3. Divisant donc par $\left(\frac{y - y_0 x}{x_0}\right)$ le premier membre de (8′), nous obtenons, pour l'équation de la seconde droite,

$$(9) \qquad y - \frac{y_0}{x_0}x + \frac{y_0}{\delta} = 0.$$

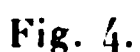
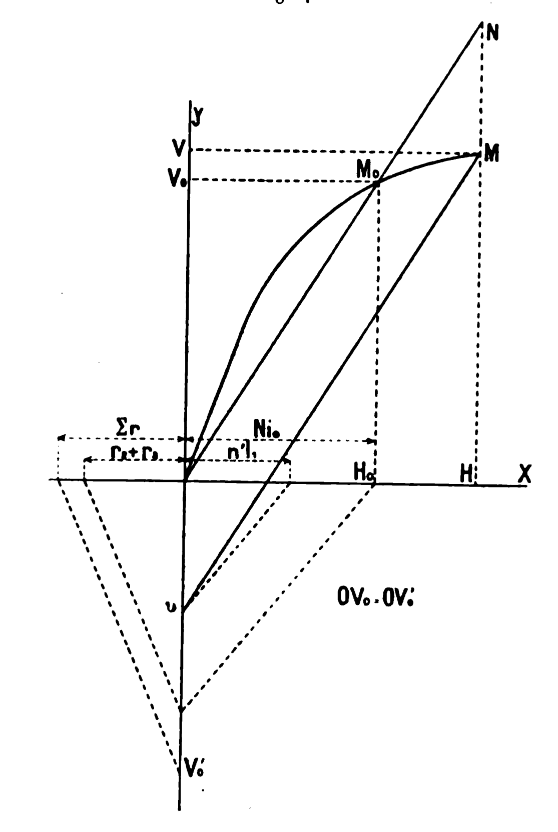


Fig. 4.



Le point M *se trouve ainsi déterminé sur la caractéristique* OV, *par l'intersection de cette courbe avec la parallèle au vecteur de marche à vide* OM_0, *mené par un point de l'axe des y situé à une distance de l'origine égale à* $|-y_0 r_i \tau|$ (¹).

(¹) Ce résultat pourrait être déduit, d'ailleurs, directement de l'équation (7). Construisant, en effet, en Ov, ainsi que l'indique la figure 4, la valeur $OV_0 r_i \tau$ et prolongeant le vecteur OM_0 jusqu'en sa rencontre, N, avec l'ordonnée du point M, nous voyons que de la susdite équation résulte la proportion

$$\frac{OV}{Ov} = \frac{MH}{MN},$$

d'où

$$Ov = MN,$$

ce qui établit le parallélisme des droites OM_0 et vM.

La valeur du coefficient d'irrégularité

$$\frac{\Delta I}{\Delta I_0} = \frac{\tan g\alpha'}{\tan g\alpha' + \tan g\alpha},$$

propre au système considéré, s'obtiendra en substituant à $\tan g\alpha$, dans cette dernière expression, la valeur trouvée pour $\frac{V_0 V}{I_1}$.

L'équation (9) ci-dessus, jointe à l'équation caractéristique de la dynamo, permettra évidemment de comparer très aisément les nouvelles conditions de marche de la machine munie d'éléments d'opposition avec le régime de fonctionnement de celle-ci supposée utilisée comme simple génératrice Shunt.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : BURKE. BP. 1920 et 1921, 1905 (dynamo). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 13276, 14197 et 15118, 1905 (production de l'électricité, enroulement d'induit et dynamo). — LANCASHIRE DYNAMO AND MOTOR Cy et MAC LEOD. BP. 15495, 1904 (dynamo). — LEBLANC. USAP. 791983, 9 déc. 1904 (moteur-générateur). — LOMMATZCH et SIEGERT. BP. 15517, 1904 (dynamo). — MORWITZ. USAP. 792443, 2 déc. 1904 (condensateur). — PARSONS et STONEY. USAP. 791492, 18 avril 1904 (dynamo). — POHL et la SOCIÉTÉ THE PHŒNIX DYNAMO MANUFACTURING COMPANY. BF. 352879, 31 mars 1905 (machine électrique avec aimants de commutation disposés dans les zones neutres). — SAYERS. BP. 12801, 1904 (dynamo). — SAYERS, MAVOR et COULSON LD. BP. 15626, 1904 (dynamo). — SIEMENS, BROS et C°. BP. 5834, 1905 (enroulement). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 162451, 28 déc. 1903 (génératrice à tension variable). — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 162466, 18 mai 1904 (enroulement pour inducteurs tournants). — THE NEW PHONOPHORE TELEPHONE C°. BF. 353160, 8 avril 1905 (méthode et appareil pour la production de décharges électriques à potentiel élevé). — TORDA. BP. 14250, 1904 (dynamo). — WAGNER. BF. 352748, 27 mars 1905 (inducteurs pour l'obtention dans les dynamos à courant continu de forces électromotrices ou de vitesses très variables). — WALKER. BP. 13051, 1904 (dynamo). — BP. 29386, 1904 (générateur électrique). — *Divers* : BEHREND. USAP. 792508, 6 nov. 1903 (connexions pour inducteurs ou machines tournantes). — COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE. BF. 352803, 28 mars 1905 (dispositif de compoundage d'alternateurs synchrones au moyen d'un transformateur à champ tournant). — GESELLSCHAFT FUR ELEKTRISCHE ZUGBELEUCHTUNG. BF. 352803, 28 mars 1905 (dispositif pour l'excitation et le réglage des dynamos). — ISSLAND. DRP. 161829, 25 nov. 1903 (réglage d'une génératrice alimentant un moteur à charge variable). — SAINT-GOBAIN (SOCIÉTÉ DES GLACES DE), CHAUNY et CIREY. BP. 353080, 6 avril 1905 (condensateurs électriques à l'usage de la télégraphie sans fil ou autres).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Discussion sur les conditions les plus favorables pour le transport de l'énergie, par Sarrat. (Communication présentée par M. Grosselin à la séance du 5 juillet 1905 de la Société internationale des Electriciens). — On sait que M. Swyngedauw a présenté, le 1er juin 1904, à la Société internationale des Electriciens une communication ([1]) sur ce sujet. — M. Sarrat ne partage pas toutes les manières de voir de M. Swyngedauw. Ce dernier ne s'occupe pas du prix de revient de l'énergie, mais uniquement du prix de vente, et il fait deux hypothèses, l'une relative au régime fictif des machines à pleine puissance pendant un temps moyen, l'autre relative à un courant fictif pour le calcul de l'énergie perdue. Finalement, M. Swingedauw arrive à une formule comparable à la formule économique de Thomson, mais dans laquelle intervient le prix de vente au lieu du prix de revient. — M. Sarrat dit qu'on n'a pas le droit : 1° de substituer un régime fictif à un régime réel, et 2° de compter l'énergie perdue dans la canalisation au prix de vente. Il montre par quelques chiffres qu'il n'est pas avantageux d'appliquer la densité la plus profitable de M. Swyngedauw. — En partant de la puissance au lieu de l'intensité du courant, l'auteur arrive en somme à cette conclusion, que la règle de Thomson s'impose dans tous les cas. — En ce qui concerne la tension la plus profitable, M. Sarrat conteste encore les hypothèses de M. Swyngedauw et notamment celle relative à l'augmentation de prix des transformateurs en fonction de la tension. Il établit à son tour une formule compliquée donnant la tension la plus favorable et fait remarquer que cette tension doit être considérée comme un maximum qu'on ne doit pas atteindre. L. J.

Localisation des défauts des canalisations (*Electrical Review*, Londres, t. LVI, p. 340, 3 mars). — La méthode, applicable spécialement aux canalisations sous plomb, consiste à appliquer, à l'une des extrémités du câble défectueux (entre le plomb et l'un des conducteurs ou entre les deux conducteurs suivant l'endroit où se trouve le défaut), une force électromotrice E fournie par une machine à faible tension. On mesure en même temps l'intensité I du courant qui circule ainsi par suite du défaut et la différence de potentiel e à l'autre extrémité du câble. La résistance du défaut est donnée par le quotient $e : I$; celle du câble jusqu'au défaut par le quotient $(E - e) : I$. En répétant le même essai par l'autre extrémité du câble, on a, de même, pour la résistance du câble à partir de cette autre extrémité : $(E_1 - e_1) : I$. Le rapport de ces deux valeurs permet de déterminer la position du défaut. L'auteur donne un exemple d'application de sa méthode.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Apple. USAP. 791856, 18 fév. 1904. — Ferguson. BP. 15634, 1904. — Lamme. BP. 8711, 1905. — Palmers. USAP. 791938, 5 juil. 1904.

Canalisations : *Conducteurs* : General Electric Company. BP. 15632, 1904. — Hartmann et Braun. BP. 16837, 1904. — Lecomte. DRP. 162463, 25 déc. 1903 (fabrication de conducteurs sans joints pour canalisations souterraines). — *Conduites, supports, attaches, isolants* : Aitken. BP. 13902, 1904 (isolateur). — Billwiller et Karrer. BP. 28434, 1904 (isolant). — Farnham. USAP. 790957 (isolant). — Felten et Guilleaume Carlswerk. DRP. 161958, 13 sept. 1903 (isolateur à âme creuse pour y loger les bobines d'inductance et les parafoudres). — Haefely et Cie. BF. 352919 et 352920, 3 avril 1905 (fabrication des tubes isolateurs au moyen d'un tambour tournant). — Leighton et Hacking. BP. 14717, 1904 (isolant). — Siemens Bros et Perry. BP. 6286, 1905 (isolant). — Weiblier. BP. 3442, 1905 (gants isolants). — Wirth. DRP. 162224, 30 avril 1903 (enveloppe pour câbles). — *Connexions, joints* : Deemer. USAP. 790886, 15 août 1904 (joint isolant). — Eichhorn. BP. 28166, 1904 (connexions). — Graetzer. DRP. 165577, 30 oct. 1903 (liaison pour conducteurs électriques). — Hanson. DRP. 162063, 2 mai 1903 (liaison électrique pour appareils à contacts multiples).

Prises de courant : *Bornes et boites de jonction* : Beau. USAP. 791603, 10 juil. 1902 (contact). — Butt et Cox. BP. 1518, 1905 (borne). — General Electric Company. BP. 12861 et 16729, 1904 (contact). — Lahmeyer et Cº. BF. 353076, 6 avril 1905 (doigt de contact pour appareils électriques). — Richardson. USAP. 12359, 8 sept. 1904 (couteau ou balai pour prise de contact). — Sardy. BP. 17375, 1904 (borne).

Interrupteurs : Butt et Cox. BP. 16426, 1904. — Christmas. USAP. 792195 et 792196, 15 août et 23 sept. 1904, (interrupteur tournant à mercure). — Javaux. BP. 16393. 1904. — Siemens et Halske. DRP. 162226, 10 janv. 1904 (interrupteur automatique).

Commutateurs: Allgemeine Electricitaets Gesellschaft. BP. 12333, 1904. — Andrews. BP. 10722. 1904 (inverseur). — Church. USAP. 791977, 17 juin 1903. — Crucible. BP. 11522, 1904. — Dugdill. BP. 11887, 1904. — General Electric Company. BP. 11448, 15069 et 16109, 1904. — Golding. BP. 44111, 1904 (commutateur automatique). — Green et Hallam. BP. 11720, 1904. — Job. BP. 29125, 1904. — Johnson. BP. 16764, 1904. — Marsh et Mudie. BP. 15779, 1904. — Ottinger. BF. 353154, 8 avril 1905 (commutateur de sûreté). — Reimann. BF. 352868, 31 mars 1905. — Smith. BP. 13947, 1904. — Thomson-Houston. BP. 12245, 1904. — Wittingham. BP. 23084, 1904. — Zani. BP. 513, 1905.

Résistances et rhéostats : Hoppelt. BP. 3401, 1905. — Veritys et Gott. BP. 15648, 1904.

Coupe-circuit : Buchanan. USAP. 790883, 20 mars 1905. — Kliegel (A.-T.) et Kliegel (J.-H.). USAP. 792425, 6 août 1904.

Fusibles : Fellenberg. BP. 10656, 1904. — General Electric Company. BP. 15303, 1904. — Haerter. DRP. 162202 3 mai 1904 (coupe-circuit fusible actionnant un avertisseur). — Marshall. USAP. 792530, 27 juin 1903. — Pinkerton. BP. 13984, 1904. — Veritys et Gott. BP. 15646, 1904.

Parafoudres : Mason. USAP. 792435, 23 nov. 1904. — Morwitz. USAP. 792442, 17 mai 1904.

Appareils divers : Merz et Price. BP. 11364, 1904 (distributeur).

Dispositifs de protection divers: Allgemeine Electricitaest Gesellschaft. DRP. 162225, 10 janv. 1905 (dispositifs de sûreté pour installations électriques dans des locaux combustibles). — General Electric Company. BP. 14741, 1904. — Land und Seekabelwerke. BF. 352785, 28 mars 1905 (dispositif de sûreté contre les excès de tension des câbles électriques); BP. 3511, 1905. — Ovington. USAP. 790975 (pare-étincelles).

Régulateurs et appareils de contrôle : Barr. USAP. 792110, 7 mars 1904 (contrôleur de circuit). — Conrad. USAP. 792120, 20 janvier 1904 (régulateur de courant). — Lahmeyer et Cº. DRP. 161807, 7 janvier 1905 (indicateur de mise à la terre). — Little. BF. 352794, 28 mars 1905 (appareil contrôleur pour interrupteurs électriques). — Roberts, BP. 17133, 1904 (régulateur). — Schroder. DRP. 161805. 29 avril 1905 (régulateur automatique pour machines tampons dans les distributions à courant alternatif). — Wieland. BP. 881, 1905 (indicateur de courant).

([1]) *La Revue électrique*, t. I, p. 331, 15 juin 1904.

TRACTION.

Essais du système Raworth à Birmingham (*Electrical Review*, Londres, t. LVII, p. 105, 21 juillet). — Le système Raworth, qui récupère dans les pentes et les arrêts l'énergie dépensée dans les rampes et les démarrages et que nous avons déjà signalé ici (t. II, p. 326 et 351, t. III, p. 20) a été l'objet d'essais, depuis le 12 mars dernier, sur la ligne de Station street à Yardley, d'une longueur de 6km,500 environ, ligne qui était auparavant desservie par des voitures munies du système série-parallèle. Ces essais ont montré que la consommation d'énergie, avec le système Raworth, est en moyenne de 0,6 kilowatt-heure par voiture-kilomètre, moindre que celle exigée par les voitures avec système série-parallèle. En outre, le freinage continu que procure le système Raworth a pour conséquence une diminution sensible des frais d'entretien et de réparation des freins ordinaires de la voiture : alors que ces frais s'élevaient à 0fr,004 avec le système série-parallèle, ils sont tombés à 0fr,00035 avec le système Raworth, et encore dans ce dernier cas ne comportent-ils guère que les salaires des ouvriers chargés de l'inspection. Cette continuité du freinage a encore pour conséquence de diminuer les chocs et l'usure du matériel : les frais de réparation des trucks et roues ne sont en effet que de 0fr,001 par voiture-kilomètre avec ce système, tandis qu'ils atteignent 0fr,0048 avec le système série-parallèle. La comparaison entre deux voitures identiques équipées, l'une suivant le système Raworth, l'autre suivant le système série-parallèle, et dont les moteurs ne différaient que par les enroulements en dérivation supplémentaires qu'exige le premier système, a montré en outre : que la conduite de la première voiture est beaucoup plus commode que celle de la seconde; que la vitesse est notablement plus grande que celle de cette dernière lorsque les moteurs de celle-ci sont en série; que cette vitesse est, au contraire, plus faible que celle de la voiture à équipement série-parallèle lorsque les moteurs sont en parallèle; que le temps nécessaire pour effectuer un parcours entier est néanmoins plus faible pour la voiture à équipement Raworth que pour celle à équipement série-parallèle.

BREVETS RÉCENTS.

Prises de courant : *Trôlet :* ALLEN. 22839, 1904. — BLANEY. BP. 10812, 1904. — CASSIDY. USAP. 789715, 5 nov. 1904. — CLARK. USAP. 786795. 28 juillet 1904 (roue de trôlet). — DOLSON. USAP. 786489, 23 juillet 1904. — EUPHRAT. USAP. 788526, 25 août 1904. — FEIST. USAP. 789014 24 août 1904. — FLIERBOOM. USAP. 786887, 28 janv. 1905. — GEISER. USAP. 789804, 19 déc. 1903. — HARTZ, USAP. 791191, 27 fév. 1904. — HEAP. BP. 27135, 1904. — HUMPHREY. USAP. 790434, 21 sept. 1904. — LEUENBERGER, USAP, 787684, 28 janv. 1905. — MILLER. USAP. 787527 et 791279. 2 fév. et 7 avril 1905. — PATTERSON. USAP. 789666, 5 janv. 1905.— PFINGST. USAP. 786378 et 786379, 23 janv. et 13 juill. 1904. — RICHARDSON et HEAP. BP. 9518, 1904. — ROGERS. USAP. 789383, 30 nov. 1903. — SCHIERWATER. BP. 13720, 1904. — TAYLOR. BP. 13516, 1904. — WALKER. USAP. 787810. 6 juin 1904.

Mise en marche et régulation: *Combinateurs et freins:* CUTLER. USAP. 786419, 786421, 786422, 786423 et 786424, 14 mars 1904, 31 mars 1902 et 6 juillet 1903 (système de commande des voitures électriques et contrôle des moteurs de traction). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 10877, 1904 (frein). — HULTQVIST. BP. 28471, 1904 (frein). — MUNDY. USAP. 790381, 20 fév. 1903 (support et boîte pour contacteurs).

ÉCLAIRAGE.

Déperdition de l'électricité par un filament de lampe Nernst, par GWILYM OWEN (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 230-258). — Le filament incandescent émet de l'électricité positive et négative, quelle que soit la pression du gaz ambiant. L'émission négative est très régulière, mais diminue légèrement avec le temps et on l'observe les mêmes variations brusques qui se produisent avec les fils de platine. — Pour une certaine valeur de la pression, cette émission présente les caractères de l'ionisation par collision. Si cette ionisation n'a pas lieu, l'émission négative croît quand la pression diminue jusqu'à une valeur de quelques millimètres : puis au-dessous elle reste constante. Elle augmente rapidement quand la température du filament s'élève. Si le potentiel de décharge est élevé, la déperdition est proportionnelle à la pression. — Quand le filament n'a pas été chauffé au préalable, il se produit d'abord une émission positive notable, qui disparaît bientôt. Lorsque le filament a été chauffé longtemps, cette émission devient permanente, tout en diminuant avec le temps. Elle croît avec la température du filament, moins vite pourtant que l'émission négative. — Les véhicules de l'électricité négative dans le vide ont une masse beaucoup plus petite que celle des véhicules positifs.

M. L.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : *Lampes à filament* : BUTLER et BURKE. BP. 13084, 1904. — SCHOLVIEN. BP. 5836, 1905. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 161081, 29 nov. 1903. — SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'INCANDESCENCE PAR LE GAZ. BF. 352751, 27 mars 1905 (perfectionnements aux lampes à incandescence à filament d'osmium). — *Accessoires :* BEAU et Cie. BF. 352276, 10 mars 1905 (garniture de protection contre la chaleur pour fleurs ou motifs placés sur lampes). — BEUTTELL. BF. 352797, 28 mars 1905 (perfectionnements au système de montage des lampes électriques à incandescence). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 6959, 1904 (charbon pour filaments). — HICHHAUSEN. USAP. 789785, 23 janv. 1905 (socle pour lampe à incandescence à globe). — HOELSCHER. USAP. 790730, 15 fév. 1905 (appareil pour faire le vide dans les ampoules). — HOUCHHAUSEN. USAP. 789735, 3 fév. 1905 (socle pour lampe à incandescence). — LEVIN. DRP. 161460, 22 nov. 1904 (fixation de lampe à incandescence), — MALISH. USAP. 792225, 31 oct. 1904 (bouchon de prise de courant pour lampe à incandescence). — PHELPS. USAP. 792552, 22 sept. 1902 (support de lampe). — PROCTOR. USAP. 790152, 10 mai 1904 (socle pour lampe). — SOULE. BF. 349969, 6 juin 1904 (douille-support pour lampes à incandescence). — *Lampes à vapeur ou à gaz :* COOPER HEWITT ELECTRIC COMPANY. BP. 10672, 1904; DRP. 161808, 25 juin 1903 (montage pour appareils à gaz ou à vapeur incandescente). — FERGUSSON. USAP. 791547, 18 janv. 1904 (appareil à vapeur électrique). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 16026, 1904. — RUSSELL. USAP. 791582, 16 mars 1904 (allumage automatique des lampes à vapeur). — SCHOTT et GENOSSEN. DRP. 161311, 11 oct. 1904 (lampe à mercure). — WOOD. BP. 956, 1905 (appareil à vapeur électrique).

Divers : BOESE et Cie. DRP. 162411, 31 janv. 1905 (éclairage électrique des trains). — HARRIS. BP. 14879, 1904 (contrôleur d'éclairage). — IRVING. BP. 15267, 1904 (éclairage électrique). — LION. USAP. 791562, 20 fév. 1905 (réclame électrique). — PIEPER. DRP. 162496, 25 déc. 1902. (éclairage électrique des trains). — UNION ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. BP. 1589, 1905 (éclairage électrique des trains). — WRIGHT. BP. 11842, 1904 (éclairage électrique des trains). — WURTS. USAP. 790472, 9 nov. 1900 (système de distribution du courant à plusieurs lampes).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Procédé Galbraith pour la fabrication du fer et de l'acier au four électrique (*Engineering*, t. LXXX, p. 86, 21 juillet). — Certains minerais de fer se présentent sous forme de sables très fins qu'il est impossible de traiter directement au haut-fourneau. Il est absolument nécessaire de les agglomérer en briquettes, soit simplement en comprimant fortement une pâte formée avec le minerai additionné d'un peu d'eau (procédé Gröndal), soit en employant comme liant des scories de haut-fourneau traitées spécialement (procédé Mathésius). Récemment Ruthenburg a préconisé l'emploi de l'électricité pour la concentration de ces minerais et leur fusion sous forme de grains semblables à des haricots (beans) : le minerai tombe entre deux pôles d'électro-aimants, les particules magnétiques forment un pont et un courant suffisamment intense lancé entre les pièces polaires prises comme électrodes produit la fusion partielle (*voir* pour plus de détails *La Revue électrique*, t. II, p. 184, 30 sept. 1904). Mais ce procédé, essayé en Amérique, ne paraît pas avoir donné des résultats très satisfaisants, car, d'après la Commission (formée de MM. Haanel, Brown et Harbord), nommée l'an dernier par le Gouvernement canadien pour l'étude des procédés électrométallurgiques, le minerai perdrait ses propriétés magnétiques un peu au-dessous de sa température de fusion et dès lors il se détacherait des électro-aimants avant que le courant n'ait pu le fondre et l'agglomérer de façon effective.

Le procédé Galbraith a pour but, comme le précédent, le traitement des minerais poussiéreux; mais il ne se borne pas à produire l'agglomération : il réduit en même temps le minerai et le transforme en fer ou en acier. Pour cela le minerai est préalablement mélangé avec la quantité de charbon nécessaire à la réduction et ce mélange, après avoir été chauffé pendant quelques minutes dans un four tournant, est versé dans un four électrique. Ce four est formé de plusieurs compartiments situés les uns au-dessus des autres et séparés par des grilles à barreaux de graphite dans lesquelles passe un courant de grande intensité qui les porte à une température d'environ 1000°; entre ces grilles portées à haute température sont disposées d'autres grilles, également en graphite mais non traversées par un courant, que l'inventeur nomme *séparateurs* et qui ont pour but de diviser en minces filets le minerai qui traverse le four. Ce minerai se trouve réduit par le carbone et du fer fondu se rassemble dans un creuset placé à la partie inférieure du four.

Ce procédé a été essayé pour le traitement des minerais sablonneux contenant une assez forte proportion de titane. Le fer obtenu est le plus souvent exempt de titane, ce qui indique que ce métal se concentre dans les scories. D'ailleurs une teneur en titane d'environ 1 pour 100 n'aurait aucun inconvénient et serait facilement acceptée des métallurgistes, les aciers au titane ayant certaines qualités spéciales.

Dans le courant de juillet dernier des essais ont été faits à Londres avec des minerais provenant de la Nouvelle-Zélande, où l'on se propose d'appliquer en grand ce procédé Galbraith pour l'exploitation de puissants gisements actuellement inexploités par suite de l'impossibilité de les traiter au haut-fourneau. Le Tableau suivant donne la composition d'un échantillon de ce minerai ainsi que celle du fer obtenu.

Minerai.		Fer.	
Fe^2O^3	67,04	C	2,891
FeO	30,17	Si	0,201
MnO^2	0,22	S	0,189
Al^2O^3	0,16	P	0,453
SiO^2	0,50	Mn et Cu	0,377
Ti	1.6	Fe	96,095
Divers	0,31	Ti et As	traces
	100,00		100,000

Le four employé dans ces essais était un four d'expériences contenant 12 grilles; chaque grille était alimentée par un circuit électrique distinct; la tension du courant était de 18 volts. La charge du four se faisait par addition d'environ 1 pound (453g) par minute; la puissance dépensée était d'environ 100 kilowatts. D'après ces derniers chiffres la dépense d'énergie par tonne de fer produite serait très élevée; mais, comme on le fait remarquer dans l'article auquel nous empruntons ces renseignements, le four était établi dans de très mauvaises conditions au point de vue de l'isolement thermique.

Préparation de composés binaires des métaux par aluminothermie, par A. Colani (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 33, 3 juillet). — On fait un mélange d'aluminium, du métalloïde et de l'oxyde du métal que l'on veut combiner au métalloïde (on peut d'ailleurs prendre le métalloïde à l'état de combinaison oxygénée en mettant assez d'aluminium pour en opérer la réduction). Le mélange, placé dans un creuset brasqué à la magnésie, est enflammé avec une cartouche de magnésium. Quand l'opération est réussie on obtient une masse fondue séparée en deux couches, l'une d'alumine, l'autre du produit cherché. Par cette méthode on obtient facilement des phosphures, arséniures et siliciures; les borures sont plus difficiles à préparer. L'auteur conclut que l'aluminothermie ainsi employée peut être très utile, surtout en l'absence du four électrique; malheureusement, les produits obtenus sont en général souillés d'aluminium et parfois de fer; il faut en outre d'assez longs tâtonnements avant d'arriver à de bonnes fusions.

Constitution et propriétés des aciers à l'aluminium, par Léon Guillet (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 35, 3 juillet). — Les aciers à l'aluminium ont déjà été étudiés par M. Hadfield et par M. Osmond; M. Hadfield a montré que la malléabilité cesse à environ 5,6 pour 100 d'aluminium et que les allongements commencent à baisser à partir de 1,5 pour 100; M. Osmond a constaté que des aciers contenant 5 pour 100 d'aluminium ne présentent plus le point de transformation A_3. Les essais faits par M. Guillet lui ont permis de constater les faits suivants : l'aluminium n'a pas d'action importante sur les propriétés mécaniques des aciers tant qu'il est en quantité inférieure à 2 pour 100; jusqu'à 15 pour 100 l'aluminium entre en solution dans le fer. La solution fer-aluminium ainsi formée ne dissout pas le carbone; aussi la perlite prend-elle une forme granulaire, qui explique la fragilité de certains aciers, et la martensite ne se produit par trempe que là où il y avait de la perlite. Enfin on rencontre dans des aciers à haute teneur en aluminium de la martensite libre, bien que ces aciers renferment moins de 0,850 pour 100 de carbone.

Procédé Betts pour le traitement des minerais de zinc (*Electrical World*, t. XLVI, p. 24, 1er juillet). — Dans un récent brevet, l'inventeur préconise le procédé suivant : Le minerai est grillé puis traité par l'acide sulfurique. La solution de sulfate de zinc est ensuite électrolysée dans un bac à cathode de mercure : il se forme un amalgame de zinc à la cathode, en même temps que de l'acide sulfurique à l'anode. Cet acide est de nouveau utilisé pour le traitement du minerai. Quant à l'amalgame, on l'emploie comme anode dans une autre cuve contenant du chlorure de zinc; du zinc se dépose sur la cathode tandis que le chlore attaque le zinc de l'amalgame dont le mercure se trouve ainsi libéré.

MESURES ET ESSAIS.

Sur les voltamètres à mercure et les compteurs électrolytiques, par H. Danneel (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XI, p. 139, 10 mars 1905). — Après un aperçu historique de la question, l'auteur décrit particulièrement le compteur électrolytique de Wright. Nous n'entrerons pas ici dans les détails de description de l'appareil, détails qui sont déjà connus ([1]), mais nous insisterons sur quelques points plus particulièrement intéressants et relatifs au fonctionnement.

On sait que le compteur électrolytique est branché aux bornes d'une résistance fixe traversée par le courant à mesurer. Pour que le rapport entre le courant passant dans le compteur et celui traversant la résistance soit constant, il faut d'abord que la résistance du voltmètre reste constante. C'est pour cette raison que l'appareil est construit de telle façon que la distance entre l'anode et la cathode reste constante et que la composition de l'électrolyte est invariable. Mais il y a lieu de corriger l'influence de la température. Pour cela, la résistance que l'on dispose en tension avec le voltamètre est constituée partie en manganine (coefficient de température nul), partie en cuivre (coefficient de température positif). Le rapport de ces deux métaux est tel que le coefficient positif de la résistance compense exactement le coefficient de température négatif de l'électrolyte. La résistance de l'ensemble reste donc indépendante de la température; c'est ce qu'a vérifié l'auteur.

Une autre condition indispensable est l'absence de polarisation. Celle-ci pourrait être due à des variations de concentration de l'électrolyte en fonction de l'intensité du courant. Grâce à la disposition adoptée, l'anode étant à la partie supérieure, la cathode au-dessous, la solution plus concentrée formée à l'anode descend pendant que la solution plus étendue formée à la cathode remonte et cette circulation tend à maintenir constante la concentration et évite la formation de cristaux à l'anode. L'expérience montre d'ailleurs qu'il n'y a pas de polarisation, car le rapport entre l'intensité totale et l'intensité traversant le voltamètre reste absolument constant quelle que soit l'intensité totale.

Dans les premières heures de son utilisation, le compteur donne de mauvais résultats parce que le mercure reste adhérent à la cathode et ne tombe pas dans le tube. Ce n'est qu'après débit de quelques kilowatts-heures que l'appareil est exact.

Des essais ont été faits au Physikalisch-technischen Reichanstalt sur un compteur de 1000 volts et 5 ampères. Chaque division du tube devant correspondre à 1 kilowatt-heure, on a trouvé ici des valeurs comprises entre 0,98 et 1,01 kilowatt-heure avec une erreur moyenne de — 0,5 pour 100. Il faut remarquer que les mesures étaient effectuées en remplissant à peu près complètement le tube afin d'éviter l'erreur provenant de la formation des gouttelettes de mercure. Le mercure précipité à la cathode s'assemble en grosses gouttes qui tombent brusquement et correspondent à environ une division (sur 100) de l'échelle.

Le siphonnage du mercure, qui doit s'effectuer quand le tube est rempli (division 100) se produisait entre 97,3 et 98,4 divisions, soit une erreur moyenne de —2, 3 pour 100.

L'appareil pouvait supporter un courant double (10 ampères) de l'intensité normale sans variation de ses constantes de fonctionnement. Avec un courant triple (15 ampères), chaque division correspondait à 1,030-1,042 kilowatt-heure, au lieu de 1 kilowatt-heure indiqué.

La perte de tension due au compteur était de 0,5 volt pour l'intensité de 5 ampères correspondant à une intensité de 0,013 ampère dans le voltamètre.

([1]) *L'Éclairage électrique*, t. XXXII, p. 158, 2 août 1092.

Des expériences ont été faites pour mesurer la tension de polarisation aux électrodes. Pour cela on maintenait chacune des intensités différentes un temps suffisamment long pour que la polarisation ne varie plus. Les valeurs suivantes ont été ainsi obtenues :

Intensité du courant principal en ampères.	Tension de polarisation en millivolts.
0,05	0,25
0,50	1,72
5,00	10,60
10,00	18,60
15,00	21,40
20,00	24,60

Les calculs suivants qui se rapportent à un compteur de 220 volts et 5 ampères montrent que ce compteur peut servir à mesurer exactement de petites quantités d'électricité si on le dispose directement dans le circuit principal. La résistance principale en dérivation a 0,2 ohm; la résistance en tension avec le voltamètre est de 33 ohms (dont 29,5 ohms pour la manganine et 3,5 ohms pour le cuivre); l'électrolyte a une résistance de 2 ohms.

Pour le courant normal de 5 ampères on doit avoir, d'après ces chiffres, entre le courant principal I_s passant dans le shunt et le courant I_v passant dans le voltamètre, $\frac{I_s}{I_v} = \frac{40}{0,2}$. Comme on a d'autre part $I_s + I_v = 5$, on en déduit pour le courant passant dans le voltamètre $I_v = 0,0249$ ampère.

Un ampère sépare par seconde $2^{mg},072$ Hg². Le poids spécifique du mercure atteignant 13,6, 1 ampère-heure sépare donc $0^{cm^3},5485$ de mercure. Pour 5 ampères dans le circuit principal, les 0,023 ampère passant dans le voltamètre sépareront par heure $13^{mm^3},72$ de mercure. Le diamètre du tube gradué à entonnoir étant $3^{mm},3$, celui du tube communiquant avec celui-ci, 2^{mm}, on a comme section totale $11^{mm^2},63$, de sorte que 5 ampères-heures dans le circuit principal correspondent à une élévation de $1^{mm},18$ de la colonne de mercure. Si la tension du courant est de 220 volts, l'élévation du mercure est $1^{mm},07$ par kilowatt-heure dépensé. L'échelle de 107^{mm} étant divisée en 100 parties, chacune correspond à 1 kilowatt-heure.

En disposant le compteur dans le circuit principal, on peut encore mesurer 0,002 ampère, l'élévation étant de $0^{mm},1$ par heure. Comme le compteur peut fontionner à une intensité double de la normale, et qu'on peut faire varier à volonté sa sensibilité par les différentes résistances placées en parallèle, c'est un appareil extrêmement commode dans les laboratoires.

Un compteur de 5 ampères coûte 75 marks ($93^{fr},75$). L'intensité augmente de 5 en 5 ampères jusqu'à 30 ampères, puis de 10 en 10 ampères jusqu'à 100 ampères. L'augmentation de prix d'un modèle au suivant est de 5 marks, de sorte qu'un compteur de 100 ampères coûte 130 marks ($162^{fr},50$).

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils divers. — Pieper. DRP. 162469, 6 août 1904 (indicateur électrostatique de mise à la terre). — Siemens et Halske. DRP. 160447, 8 juin 1904 (commutateur pour appareil de mesure). — Steele et Kratt. USAP. 787005, 7 mai 1904 (enregistreur). — Thomson-Houston. BF. 351602, 20 fév. 1905 (perfectionnement aux instruments de mesure). — Voigt et Haffner. DRP. 162467, 7 juin 1904 (voltmètre). — Wilke. BP. 47, 1905 (compas magnétique).

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Die Asynchronen Drehstrommotoren ihre Wirkungsweise Prüfung und Berechnung (les moteurs asynchrones), par Gustav BENISCHKE, ingénieur en chef. Un vol. $22^{cm} \times 14^{cm}$, de 172 pages, avec 112 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. 5e fascicule des Monographies électrotechniques *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen*. Friedrich Vieweg und Sohn, éditeurs à Braunschweig. Prix : broché, 2,50 mark; relié, 3 mark.

L'exposé des phénomènes électriques dont le moteur asynchrone est le siège constitue certainement une tâche difficile qui se trouve encore considérablement accrue quand on se propose de condenser en un petit volume tous les développements mathématiques et graphiques que comporte ce sujet. Il ne faut pas oublier, en effet, que l'ensemble de ces monographies ne forme pas une œuvre de pure vulgarisation, mais s'adresse exclusivement, dans la pensée des éditeurs, aux élèves des écoles supérieures d'électricité et aux ingénieurs initiés à la théorie et à la pratique. Le docteur G. Benischke semblait donc tout indiqué pour ce travail auquel l'ont préparé des ouvrages de haute portée et de nombreux articles parus dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*. Son nouvel opuscule, écrit pour ainsi dire d'un seul jet, est d'une lecture facile, en dehors des abstractions mathématiques; on y trouve un exposé très concis et cependant très complet de la théorie du moteur asynchrone; diagramme du cercle, démarrage et régulation, fonctionnement en génératrice, essai et calcul. — L'ordre des matières est le suivant : du paragraphe 1 au paragraphe 6, l'auteur explique la formation des champs tournants et les particularités du moteur d'induction. Fréquence du rotor et glissement. Couple et glissement. Couple maximum d'un moteur. Couple de démarrage. Couple dû aux courants de Foucault et à l'hystérésis. Puissance et rendements. Rotor en court-circuit à cage d'écureuil. Le paragraphe 14 contient des développements sur les principaux enroulements employés dans les moteurs asynchrones soit pour le stator, soit pour le rotor à bagues. Deux planches en couleur complètent cette partie intéressante de l'ouvrage. Sous le titre général de diagramme circulaire on trouve une assimilation entre le moteur asynchrone au repos et un transformateur, le diagramme d'un transformateur sous charge non inductive, le diagramme circulaire de Heyland, le diagramme circulaire en tenant compte de la dispersion secondaire et toutes les grandeurs qui peuvent se déduire de ce diagramme, telles que le facteur de puissance, le couple, la puissance et le glissement. Le démarrage et la régulation comprennent tout ce qui a trait aux démarreurs et à la régulation du nombre de tours. Le moteur asynchrone fonctionnant comme génératrice dans le cas où la vitesse est supérieure à celle du synchronisme, le moteur asynchrone fonctionnant comme frein, couplage en cascade des moteurs asynchrones. Les essais et mesures s'étendent du paragraphe 19 au paragraphe 35 : mesure de la puissance et du facteur de puissance, détermination du rendement, des pertes à vide, des pertes dans le cuivre, du glissement, et enfin de la dispersion. Le reste de l'ouvrage est consacré au calcul des moteurs asynchrones, c'est-à-dire au calcul des diverses constantes d'un moteur donné. Quant à ce qui concerne l'établissement d'un projet de moteur, l'auteur s'est contenté d'indiquer rapidement la marche à suivre.

Le processus de la production des champs tournants est présenté très simplement et aurait sa place indiquée dans un cours de mathématiques élémentaires. M. Benischke aborde son sujet en partant de cette égalité que *les pertes dans le rotor sont égales au produit de glissement par l'énergie fournie*. Ordinairement on part du champ primaire, et l'on en déduit le glissement, le courant secondaire, etc.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que ce livre pourra rendre de grands services aux électriciens. Nous n'entendons pas seulement parler des hommes du métier, mais encore des travailleurs nombreux qui ont été ou sont dans l'impossibilité de suivre des cours et qui dès lors sont astreints à parfaire eux-mêmes leur instruction.

La monographie actuelle constitue un plan d'ensemble d'une grande valeur. B. K.

Nature intime de l'Électricité, du Magnétisme et des Radiations, par A. Breydel. Un vol., 100 pages, 29 figures. Ramlot, à Bruxelles, et Vve Dunod, à Paris, éditeurs.

La question abordée dans cette brochure est des plus captivantes et a donné déjà lieu à bien des travaux remarquables. L'auteur cherche à la résoudre par les mouvements tourbillonnaires de l'éther et de la matière, et arrive à des conclusions très formelles sur la nature de l'électricité et du magnétisme.

La question est-elle pour cela résolue? L'auteur n'ose l'affirmer et nous partageons ses doutes. Nous partageons également ses regrets de n'avoir pu donner à ses idées « plus de précision et de clarté ».

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

École supérieure d'Électricité.

Dans sa réunion du 29 juillet, le jury des examens a accordé le diplôme d'ingénieur-électricien aux élèves de l'École dont les noms suivent :

XIe PROMOTION (1904-1905).

MM. Bourrellis,	MM. Mondange,	MM. De Thélin,
Péridier,	Saumon,	Giguel,
Villette,	Jullin,	Jaubert,
Leblond,	Delaux,	Chelminski,
Dachary,	Bernière,	Plisson,
Oudot,	Roux,	Berthier,
Simonin,	Arnoux,	Micaud,
Gilibert,	Rudnicki,	Urquidi,
Kupper,	Curchod,	Civalleri,
Mahoudeau,	Boissieux,	Makarowitsch,
Cordin,	Etève,	Mortureux,
Paraf,	Clément,	Costiesco,
Daumont,	Magnol,	Reynaud,
Drouet	Martel,	Langot,
Rouffle,	Motono,	Colin.
Caillat,	Raybaud,	

VÉTÉRANS : MM. Lampstaès, Freudenson.

OFFICIERS DÉSIGNÉS PAR M. LE MINISTRE DE LA GUERRE :

MM. le capitaine Armet,
» Berne,
» Mainguenaud,
» Piquet,
le lieutenant Cellerier,
» Terlet.

INGÉNIEURS DÉSIGNÉS PAR M. LE MINISTRE DE LA MARINE : MM. Mercier, Wall.

ÉLÈVES-INGÉNIEURS DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES DÉSIGNÉS PAR M. LE MINISTRE DU COMMERCE : MM. Cahen, Lottin, Raynal.

Informations diverses.

TRACTION. — A la dernière assemblée générale de la Verein Deutscher Ingenieure, le docteur Eichberg, de Berlin, a donné les renseignements suivants sur l'extension des chemins de fer électriques en Allemagne : 1° le système à courant alternatif simple sera prochainement appliqué sur les lignes reliant Hambourg, Blankenese et Ohlsdorf; la tension du courant amené aux voitures sera de 6000 volts comme sur la ligne expérimentale de Spindlersfeld, près Berlin. Ce système a les préférences du Ministère des Chemins de fer prussiens, qui considère le système à troisième rail ou les systèmes à deux conducteurs aériens (comme à Loosen) comme inapplicables sur les grands réseaux de voies ferrées; 2° l'extension du Métropolitain de Berlin, vers Charlottenbourg, se poursuit normalement; des négociations ont lieu entre les municipalités des deux villes en vue de pouvoir mettre en service la ligne entière en 1907. Le point terminus actuel de la ligne métropolitaine souterraine, actuellement situé à Koniggratzerstrasse, sera prochainement reporté à Spittelmarkt et il est décidé que la ligne sera ensuite prolongée jusqu'à Alexanderplatz. La municipalité a pris en outre en considération un projet de construction d'un réseau municipal composé de cinq lignes aériennes ou souterraines. Il est enfin question d'établir un tramway électrique sur plate-forme séparée entre Berlin et Schmockwitz; 3° le projet de construction d'une ligne spéciale à grande vitesse entre les municipalités de ces villes, l'AEG et la Siemens-Schuckert Gesellschaft; des négociations ont également lieu pour les lignes à grande vitesse, Leipsig-Halle et Frankfort-Wiesbaden.

— La Royal Commission of London Traffic, nommée il y a 2 ans pour examiner ce qu'il conviendrait de faire pour améliorer les transports en commun dans Londres et sa banlieue, vient de publier le premier des sept à huit volumes qui seront nécessaires pour la publication intégrale de ses travaux. La Commission pose en principe qu'il serait préférable de ne pas s'en tenir à des demi-mesures et qu'il conviendrait de créer deux avenues de 52^m de largeur traversant Londres du nord au sud et qui donneraient passage à quatre lignes de tramways et à quatre lignes de chemins de fer souterrains. Toutefois, comme l'adoption de ce projet donnerait lieu à une dépense d'environ 750 millions, la Commission examine également comment il convient de développer les moyens de transports actuels. Nous n'insisterons pas sur ce point d'intérêt tout local, mais nous retiendrons parmi les conclusions de la Commission les suivantes qui peuvent trouver leur application à Paris : 1° l'examen des comptes des entreprises municipales de traction ayant montré que ces entreprises sont en perte ou en tout cas donnent des profits moins élevés que les entreprises privées, il serait fâcheux de créer de nouveaux moyens de transports exploités par la ville; 2° toutefois il peut être avantageux que la ville se charge de la construction des lignes de tramways et de chemins de fer de quelque importance, car elle peut se procurer les fonds nécessaires à un taux plus avantageux que les compagnies privées; 3° les transports par tramways étant les plus commodes et les moins coûteux, il convient de développer ce moyen de transport et ne pas songer à lui substituer, comme il en a été question dans ces derniers mois, le transport par omnibus automobiles.

— Le Directeur de la Commercial Cable Company est venu récemment en Angleterre à l'effet de conclure avec une maison anglaise un traité pour la pose d'un nouveau câble transatlantique. Ce câble doit suivre un chemin plus court et avoir un diamètre plus grand que les autres câbles de la Société.

Erratum

La figure 2 de la page 56 du précédent numéro porte comme légende : Moteur série à courant continu; c'est *alternatif,* au lieu de *continu,* qu'il faut lire.

Tome IV. N° 40. — 30 août 1905.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

ALTERNATEURS MONO- ET POLYPHASÉS.

DÉTERMINATION DE LA CHUTE DE TENSION PAR DIAGRAMME [1].

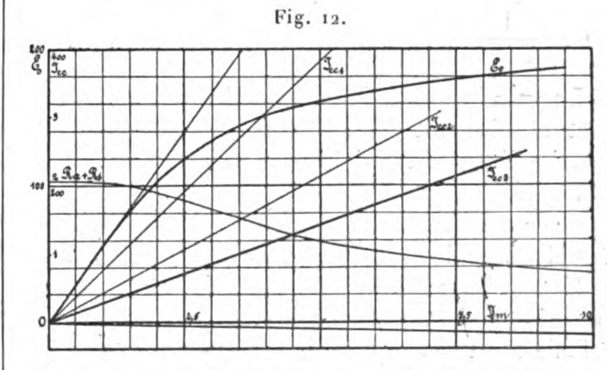
III. — Application du diagramme des machines polyphasées.

Nous choisissons, dans les nombreux essais décrits et recalculés dans ce Chapitre, quelques-uns des plus démonstratifs [2].

Les figures 12, 13, 14, 15, 16, 17 se rapportent à un alternateur triphasé de 80 kilovoltampères, 173 volts par phase, 750 tours, 25 périodes.

Il ressort de la courbe 14 que pour une excitation donnée le courant le plus grand n'est pas celui de court-circuit; si, en partant du court-circuit, on intercale des résistances ohmiques, ce courant commence à augmenter en même temps que la tension, pour reprendre sa valeur de court-circuit avec une tension considérable aux bornes. Nous

Fig. 12.



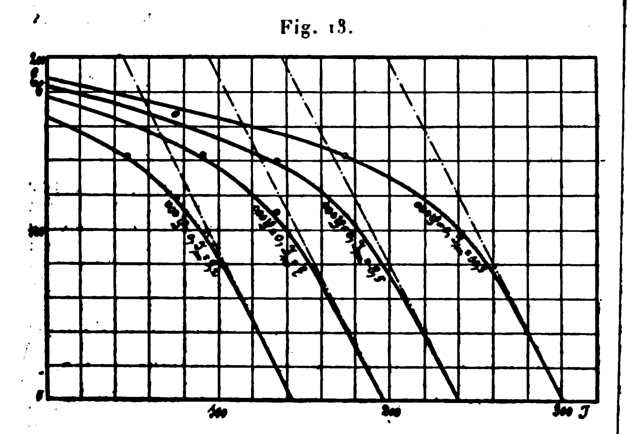
avons démontré plus haut que cette propriété

(1) Voir *La Revue électrique* du 15 août, t. IV, p. 76-85.

(2) Les essais de cette machine ont été effectués tout spécialement à la plate-forme des essais des Ateliers de Constructions électriques de et à Charleroi, par M. l'Ingénieur H. Berger, à qui j'exprime ici toute ma reconnaissance pour le dévouement et les soins qu'il a bien voulu y mettre.

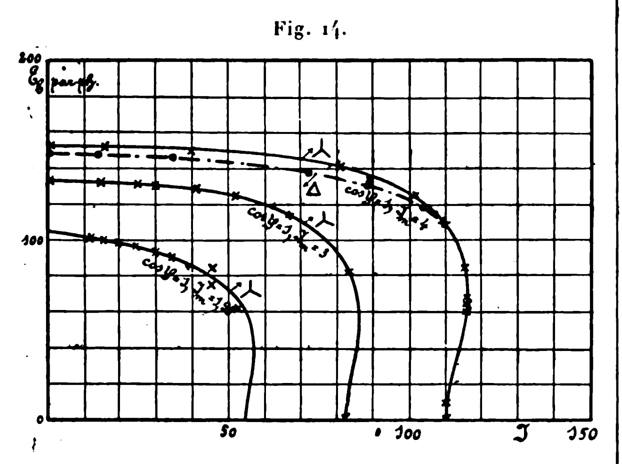
doit exister par suite de la faible valeur relative de la réactance transversale qui seule vient en

Fig. 18.



considération pour le courant watté; malgré l'augmentation de la résistance ohmique, l'impédance totale a diminué.

Fig. 14.



La grande concordance entre le calcul et l'essai met absolument hors doute l'exactitude de la courbe d'une allure si étrange et frappante.

Potier a indiqué que la courbe de réaction pour courant constant et $\cos\varphi = 0$ doit être équidistante de la courbe de magnétisation.

Notre diagramme permet de s'assurer que cette propriété n'est pas absolument rigoureuse et qu'elle n'est pas applicable à une machine saturée par suite de la dispersion de l'inducteur qu'on ne peut négliger. En effet, prenons deux états magnétiques de la machine et ne tenons pas compte de la dispersion de l'inducteur; comme $\mathcal{E}_r$ est 0 pour $\cos\varphi = 0$, la tension aux bornes se réduit à $\mathcal{E}_b = \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_a - \mathcal{E}_s$, et l'état magnétique à $\mathcal{E} = \mathcal{E}_b + \mathcal{E}_s$. Nous aurons pour même courant $\mathfrak{I}$ (voir *fig.* 17)

$$\mathcal{E}_a = \mathfrak{I}\mathcal{R}_a = \mathfrak{I}\left(\frac{\mathcal{E}_0}{\mathfrak{I}_{cc}} - \mathcal{R}_s\right);$$

$$\mathcal{E}'_a = \mathfrak{I}\mathcal{R}'_a = \mathfrak{I}\left(\frac{\mathcal{E}'_0}{\mathfrak{I}'_{cc}} - \mathcal{R}_s\right).$$

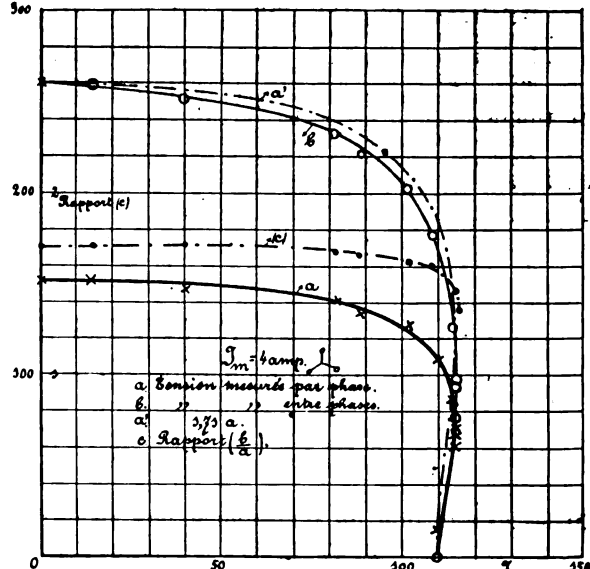
$\mathcal{R}_s$ est généralement petit par rapport à $\mathcal{R}_a$, on peut donc écrire approximativement

$$\mathcal{E}_a = \frac{\mathcal{E}_0}{\mathfrak{I}_{cc}}\mathfrak{I} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{E}'_a = \frac{\mathcal{E}'_0}{\mathfrak{I}'_{cc}}\mathfrak{I},$$

alors

$$\frac{\mathcal{E}_a}{\mathcal{E}'_a} = \frac{\mathcal{E}_0\mathfrak{I}'_{cc}}{\mathcal{E}'_0\mathfrak{I}_{cc}}.$$

Fig. 15.



D'autre part, il résulte de la figure,

$$\frac{\mathcal{E}_a}{\overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\overline{\mathfrak{O}\mathfrak{T}}} \qquad \text{et} \qquad \frac{\mathcal{E}'_a}{\overline{\mathfrak{P}'\mathfrak{Q}'}} = \frac{\mathcal{E}'_0}{\overline{\mathfrak{O}'\mathfrak{T}'}},$$

par conséquent

$$\frac{\mathcal{E}_a}{\mathcal{E}'_a} = \frac{\mathcal{E}.\overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}.\overline{\mathfrak{O}\mathfrak{T}}}{\mathcal{E}'.\overline{\mathfrak{P}'\mathfrak{Q}'}.\overline{\mathfrak{O}'\mathfrak{T}'}} = \frac{\mathcal{E}.\overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}.\mathfrak{I}'_{cc}}{\mathcal{E}'.\overline{\mathfrak{P}'\mathfrak{Q}'}.\mathfrak{I}_{cc}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}'}\cdot\frac{\mathfrak{I}'_{cc}}{\mathfrak{I}_{cc}},$$

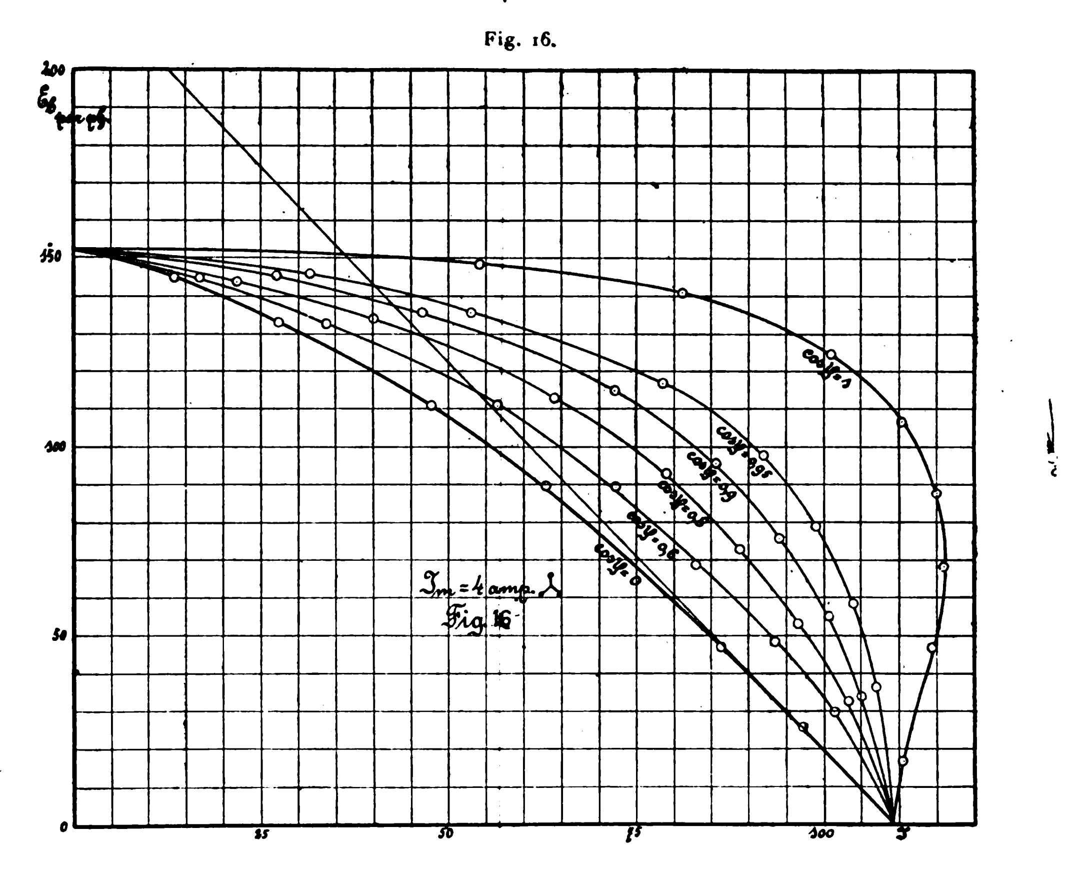
d'où

$$\frac{\overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}}{\overline{\mathfrak{P}'\mathfrak{Q}'}} = 1, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}} = \overline{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}'}.$$

Pour même courant, $\mathcal{E}_s$ est également constant et les droites $\overline{\mathfrak{A}\mathfrak{Q}}$ et $\overline{\mathfrak{A}\mathfrak{Q}'}$ sont égales et parallèles. Si maintenant on fait intervenir la dispersion de l'inducteur, on ne peut plus remplacer les va-

leurs $\mathfrak{R}_a$ et $\mathfrak{R}'_a$ par les valeurs approximatives $\frac{\mathcal{E}_0}{\mathfrak{I}_{cc}}$ et $\frac{\mathcal{E}'_0}{\mathfrak{I}'_{cc}}$ et les courbes ne sont plus équidistantes. L'influence de cette dispersion est déjà assez notable pour une faible valeur de celle-ci, il s'ensuit que, si l'on veut déterminer expérimentalement la valeur de $\mathfrak{R}_s$ d'après un essai inductif, il est indispensable de faire intervenir la dispersion de l'inducteur.

Fig. 16.



Pour l'excitation de 4 ampères nous avons levé en même temps les tensions par phase et entre phases. Les résultats sont représentés dans la figure 15. A vide le rapport entre ces deux tensions est 1,71; en multipliant la courbe (*a*) avec cette valeur, on obtient la courbe (*a'*) qui est au-dessus de la courbe (*b*). La courbe (*c*) représente la variation du rapport $\left(\frac{b}{a}\right)$. On voit que ce rapport diminue bien au début, mais qu'il n'augmente pas ensuite pour reprendre sensiblement la même valeur en court-circuit qu'à vide, comme cela devrait être s'il n'y avait que la tension transversale pour modifier la forme du champ. Ici les harmoniques supérieurs ont pour conséquence de diminuer ce rapport constamment jusqu'en court-circuit où il devient indéfini; en effet, on mesure en court-circuit une tension par phase. La faible valeur de cette tension prouve que ces harmoniques résultant de K_0 et K_a sont d'ordre négligeable. L'influence de cette variation de la forme du champ pour la tension entre phases est loin d'être négligeable pour $\cos\varphi = 1$; toutefois, pour un $\cos\varphi$ moindre, cette importance diminue pour disparaître presque complètement avec la charge purement inductive $\cos\varphi = 0$. Comme pratiquement on travaille toujours avec un certain décalage extérieur, il est des plus intéressant de voir l'influence de ce décalage sur la chute de tension; pour cela nous avons tracé les courbes de la figure 16 pour différents $\cos\varphi$. L'effet est surtout prononcé pour les faibles décalages; pour

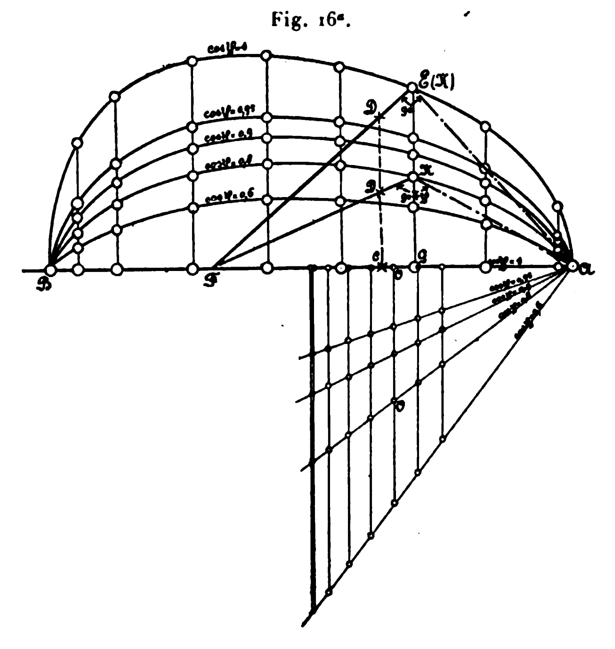
$$\cos\varphi = 0,95$$

la boucle de la caractéristique a déjà disparu; l'in-



fluence de la tension transversale diminue donc rapidement avec le $\cos\varphi$. Quant à la construction de ces caractéristiques pour différents $\cos\varphi$ extérieurs, elle se réduit à tracer une série d'arcs de cercle sur la même corde et à mesurer dans ces arcs les cordes qui ont même projection sur la corde fondamentale. En reliant les points de construction on obtient des courbes en forme d'œuf, qui déterminent d'une façon géométrique la courbe de charge (*fig.* 16ᵃ). Chaque point P de

Fig. 16ᵃ.



cette courbe donne la tension par sa distance au point A et le courant par sa distance au point de la droite AB dans une direction qui fait un angle $(90 + \varphi_{ext.})$ avec la droite AB. La courbe en œuf joue donc ici le même rôle que la circonférence dans le diagramme du cercle; il est intéressant de constater comment ce cercle n'est qu'un cas spécial de la courbe en œuf.

L'équation de cette courbe est toute donnée par le diagramme; en prenant AB comme axe des x elle est, en coordonnées rectangulaires,

$$y^2 = x(\mathfrak{R}_t + \mathfrak{R}_s)\mathfrak{I}_{cc} - x^2\left(\frac{\mathfrak{R}_t + \mathfrak{R}_s}{\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_s}\right).$$

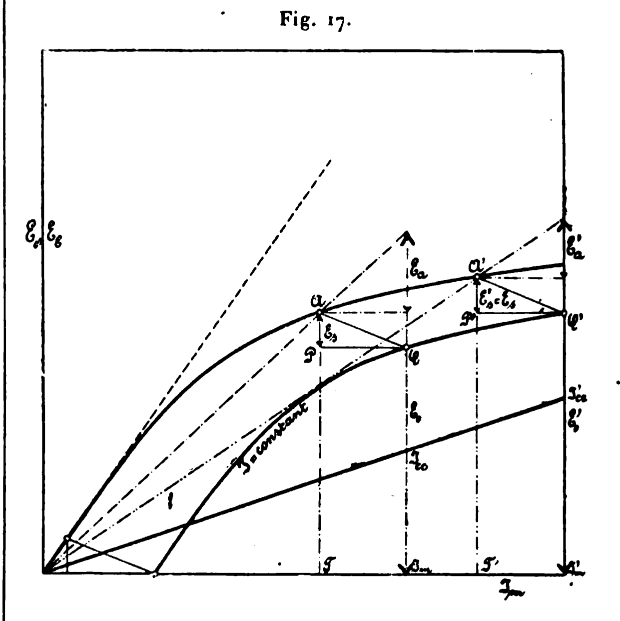
Dans cette formule $\mathfrak{R}_t$, $\mathfrak{R}_s$ et $\mathfrak{I}_{cc}$ sont constants pour une excitation donnée; pour $\mathfrak{R}_a$ constant, c'est-à-dire pour la non-saturation, la courbe est une ellipse dont le grand axe est $\mathfrak{I}_{cc}(\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_s)$ et le petit axe

$$\mathfrak{I}_{cc}\sqrt{(\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_s)(\mathfrak{R}_t + \mathfrak{R}_s)}.$$

Pour la machine à pôles continus non saturée, où $\mathfrak{R}_a = \mathfrak{R}_t$, cette ellipse devient une demi-circonférence et le diagramme du cercle est donc entièrement applicable. Enfin, la saturation a pour effet de déformer l'ellipse et de lui donner l'aspect des courbes de la figure.

Il reste encore à faire une observation en ce qui concerne les essais en triangle, effectués avec la même excitation de 4 ampères et représentés dans la figure 14 en points-tirets en fonction de $\frac{1}{\sqrt{3}}$

Fig. 17.



du courant combiné. Cette courbe tombe en dessous de la courbe correspondante en étoile, où la tension mesurée par phase est représentée en fonction du courant par phase.

Dans le couplage en triangle les forces électromotrices de triple fréquence, qui s'annulent dans l'étoile, se mettent directement en série et créent un courant intérieur qui les équilibre.

Un essai sur notre machine montrait, par exemple, que, tandis que la tension à vide par phase était de 110 volts avec triangle fermé, elle montait à 114 volts aussitôt que l'on ouvrait le circuit. Comme ce courant interne annule la force électromotrice de triple fréquence qui l'a créé, il n'y a pas plus que pour l'étoile des courants de triple fréquence dans le circuit extérieur.

Il n'est pas superflu de remarquer ici que la concordance du calcul et les essais de la tension par phase n'est pas indépendante de la répartition



du bobinage. Avec moins de rainures par pôle les harmoniques supérieurs sont plus accentués, ce qui se traduit par un autre rapport $\frac{K_t}{K_a}$ et une variation plus grande du rapport des tensions entre phases et par phase.

IV. — Essais spéciaux.

A l'aide d'une série d'essais, que le manque de place ne nous permet pas de reproduire, nous avons pu analyser expérimentalement le caractère des courants produits dans les pièces polaires massives d'une machine monophasée.

V. — Diagramme de la machine monophasée à pièces polaires massives.

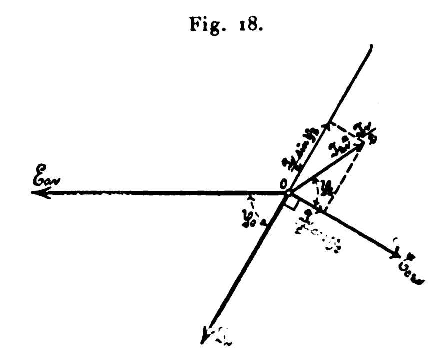
L'étude précédente nous amène à ce résultat que les courants induits dans les pièces polaires massives sont de nature polyphasée, résultat qui nous autorise à envisager cette machine comme un alternateur monophasé avec enroulement polyphasé sur l'inducteur. On comprend qu'alors il n'y a pas de production d'autant d'harmoniques supérieurs qu'on le suppose habituellement.

Mais du moment que l'alternateur monophasé à pièces polaires massives se réduit à un alternateur monophasé avec enroulement triphasé sur l'inducteur, nous pouvons lui appliquer le diagramme établi pour cette machine, en faisant emploi de la propriété que l'action d'un champ tournant sur l'induit est indépendante du sens dans lequel il tourne. Il suffit de modifier ce diagramme pour l'adapter à la machine à pôles discontinus. Comme les courants de Foucault ne sont pas entièrement déwattés, ils travaillent comme un circuit polyphasé avec résistance ohmique et nous avons constaté l'influence nuisible d'une telle résistance sur la chute de tension pour une charge non inductive. Nous pouvons donc nous attendre *a priori* à trouver en monophasé des chutes de tension plus grandes qu'en triphasé. Pour une charge purement inductive cette différence n'existe évidemment plus.

Reprenons le diagramme de la machine spéciale à pôles continus comme indiqué dans la figure 20 publiée dans le numéro du 15 juin. Le champ résultant dans l'entrefer ψ_r produit la force électromotrice monophasée $\mathcal{E}_v$ dans l'induit, le courant $\mathfrak{J}_v$ est décalé d'un angle φ_1. La moitié du champ de $\mathfrak{J}_v$, induit dans l'inducteur la force électromotrice polyphasée $\mathcal{E}_{2v}$, qui provoque un courant $\mathfrak{J}_{2v} = \frac{\mathfrak{J}_v}{2}$, décalé d'un angle φ_2. Le champ ψ_r est la résultante du champ continu ψ_{0v} et du champ ψ_{2v}. Dans la machine à pôles discontinus nous avons à décomposer les courants $\mathfrak{J}_v$ et $\mathfrak{J}_{2v}$ dans la direction de ψ_{0v}, qui représente l'axe des pôles et dans la direction perpendiculaire, où les réactances sont données par $\mathcal{R}_a$ et $\mathcal{R}_t$.

Pour un état magnétique de la machine correspondant à un courant de débit $\mathfrak{J}_v$, les tensions se composeront donc de la manière suivante : l'excitation continue donne une tension $\mathcal{E}_0$ qui se compose avec les tensions dues aux courants $\mathfrak{J}_v$ et $\mathfrak{J}_{2v}$, la tension de dispersion $\mathcal{E}_s = \mathfrak{J}_v . \mathcal{R}_s$ et la chute ohmique $\mathcal{E}_r = \mathfrak{J}_v . r$ pour donner la tension aux bornes $\mathcal{E}_b$. Le courant $\mathfrak{J}_{2v} = \frac{\mathfrak{J}_v}{2}$ est décalé de $(90 + \varphi_2)$ par rapport à $\mathfrak{J}_v$, nous pouvons donc le décomposer en deux courants : $\frac{\mathfrak{J}_v}{2} \sin\varphi_2$ dans la direction de $\mathfrak{J}_v$ et $\frac{\mathfrak{J}_v}{2} \cos\varphi_2$ perpendiculaire (*fig.* 18). La résultante $\left(\mathfrak{J}_v - \frac{\mathfrak{J}_v}{2} \sin\varphi_2\right)$ peut

Fig. 18.



être décomposée à son tour en

$$\left(\mathfrak{J}_v - \frac{\mathfrak{J}_v}{2} \sin\varphi_2\right) \cos\varphi_0$$

dans la direction de $\mathcal{E}_0$ et $\left(\mathfrak{J}_v - \frac{\mathfrak{J}_v}{2} \sin\varphi_2\right) \sin\varphi_0$ perpendiculaire; de même $\frac{\mathfrak{J}_v}{2} \cos\varphi_2$ en ses deux composantes : $\frac{\mathfrak{J}_v}{2} \cos\varphi_2 \sin\varphi_0$ dans la direction de $\mathcal{E}_0$ et $\frac{\mathfrak{J}_v}{2} \cos\varphi_2 \cos\varphi_0$ perpendiculaire. Le courant dans la direction de $\mathcal{E}_0$ donne la tension transversale définie par la réactance $\mathcal{R}_t$ et le cou-

rant perpendiculaire, la tension antagoniste avec la réactance $\mathcal{R}_a$; nous pouvons donc écrire

$$\mathcal{E}_a = \frac{\mathfrak{I}_v}{2}\mathcal{R}_a(2\sin\varphi_0 - \sin\varphi_0\sin\varphi_2 + \cos\varphi_0\cos\varphi_2),$$

$$\mathcal{E}_t = \frac{\mathfrak{I}_v}{2}\mathcal{R}_t(2\cos\varphi_0 - \cos\varphi_0\sin\varphi_2 - \sin\varphi_0\cos\varphi_2),$$

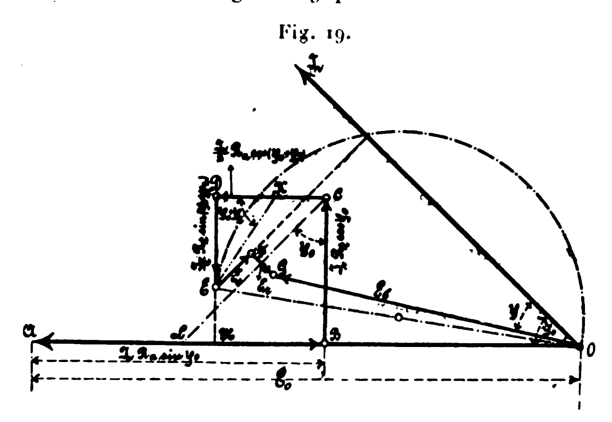
ou bien

$$\mathcal{E}_a = \mathfrak{I}_v\mathcal{R}_a\sin\varphi_0 + \frac{\mathfrak{I}_v}{2}\mathcal{R}_a\cos(\varphi_0+\varphi_2),$$

$$\mathcal{E}_t = \mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t\cos\varphi_0 - \frac{\mathfrak{I}_v}{2}\mathcal{R}_t\sin(\varphi_0+\varphi_2).$$

On peut alors tracer le diagramme des tensions comme dans la figure 19 pour trouver en $\overline{OG}$ la

Fig. 19.



tension aux bornes. L'état magnétique de la machine sera donné par $\mathcal{E} = \overline{OH} = \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_a$. Si nous traçons les droites $\overline{CL}$ et $\overline{EK}$ de façon que les angles $\widehat{LCB}$ et $\widehat{DKE}$ sont respectivement φ_0 et

$$\varphi_0 + \varphi_2,$$

nous pouvons écrire

$$\overline{LB} = \overline{BC}\,\text{tang}\,\varphi_0 = \mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t\sin\varphi_0,$$

donc

$$\frac{\overline{LB}}{\overline{AB}} = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a} \qquad \text{et} \qquad \overline{CL} = \mathfrak{I}_v.\mathcal{R}_t,$$

$$\overline{KD} = \frac{\overline{DE}}{\text{tang}(\varphi_0+\varphi_2)} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t\cos(\varphi_0+\varphi_2),$$

donc

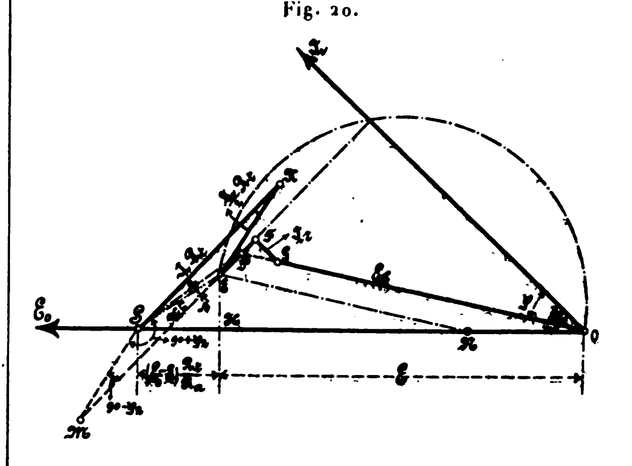
$$\frac{\overline{KD}}{\overline{CD}} = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a} \qquad \text{et} \qquad \overline{EK} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t = \frac{1}{2}\overline{CL}.$$

Il s'ensuit que

$$\overline{LB} - \overline{KD} = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\overline{AB} - \overline{CD}) = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}.\overline{AH} = \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}).$$

Nous pouvons donc modifier le diagramme comme dans la figure 20 où l'on connaît $\overline{OH} = \mathcal{E}$

Fig. 20.



et $\overline{HS} = (\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}$ du moment qu'on adopte un état magnétique $\mathcal{E}$.

La droite $\overline{KS} = \mathfrak{I}_v.\mathcal{R}_t$ fait l'angle $(90 - \varphi_0)$ avec $\overline{SO}$; $\overline{KE} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t$ fait l'angle $(\varphi_0 + \varphi_2)$ avec la même direction; E doit se trouver sur une perpendiculaire à $\overline{OS}$ au point H. En traçant alors sur $\overline{OE}$ comme corde un arc de cercle qui contient l'angle $(90 + \varphi)$, nous aurons en $\overline{EP}$ la valeur $\mathfrak{I}_v(\mathcal{R}_s - r\,\text{tang}\,\varphi)$ et en $\overline{PO}$ la valeur

$$\mathcal{E}_b + \frac{\mathfrak{I}_v r}{\cos\varphi};$$

$\overline{EP}$ est parallèle à $\overline{SK}$, parce que ces deux droites sont perpendiculaires au courant.

Prolongeons $\overline{EP}$ de façon à former le parallélogramme SKEM; l'angle

$$\widehat{KSM} = 90 - \varphi_0 + (\varphi_0 + \varphi_2) = 90 + \varphi_2$$

et $\widehat{SME} = 90 - \varphi_2$.

Construisons les triangles SME et SMP; dans le premier l'on a

$$\frac{\overline{SM}}{\overline{ME}} = \frac{\frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t}{\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t} = \frac{\sin\alpha}{\sin\widehat{ESM}},$$

en appelant l'angle $\widehat{SEM} = \alpha$.

Or

$$\sphericalangle\,\widehat{ESM} = 180 - \alpha - (90 - \varphi_2) = 90 - \alpha + \varphi_2,$$

c'est-à-dire

$$\frac{\sin\alpha}{\cos(\varphi_2-\alpha)}=\frac{1}{2},$$

ou en développant

$$(1)\qquad \operatorname{tang}\alpha=\frac{\cos\varphi_2}{2-\sin\varphi_2}.$$

L'angle α ne dépend donc que de φ_2.

De même dans le triangle SMP, en appelant

$$\sphericalangle\,\widehat{SPM}=\beta,$$

$$(2)\quad\left\{\begin{aligned}\frac{\sin\beta}{\cos(\varphi_2-\beta)}=\frac{\overline{SM}}{\overline{MP}}&=\frac{\frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t}{\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t+\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_s-\mathfrak{I}_v r\operatorname{tang}\varphi}\\&=\frac{\frac{1}{2}\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_t+\mathcal{R}_s-r\operatorname{tang}\varphi}=\lambda\end{aligned}\right.$$

et

$$(3)\qquad \operatorname{tang}\beta=\frac{\cos\varphi_2}{\frac{1}{\lambda}-\sin\varphi_2}.$$

dépendant de φ_2 et de λ, c'est-à-dire de φ extérieur.

L'angle φ_2 représente le décalage des courants de Foucault par rapport à leur force électromotrice; comme ces courants se produisent dans le fer massif, φ_2 ne dépend que de la perméabilité et de la résistivité de la matière employée. Nous pouvons donc le considérer comme constant pour une machine donnée; il s'ensuit que α est également constant et β aussi pour un $\cos\varphi$ extérieur invariable. Le triangle SEP restera donc toujours semblable à lui-même, quel que soit le courant $\mathfrak{I}_v$ si le décalage extérieur reste constant.

Remarquons maintenant que le point P se trouve sur un arc de cercle avec la corde $\overline{OL}$ et qui contient l'angle constant $(90+\varphi+\beta)$.

De même, si nous traçons $\overline{EN}$ parallèle à $\overline{OP}$, le point E se trouve sur un arc de cercle avec la corde $\overline{SN}$; nous la trouverons pour la valeur de φ_0 pour laquelle $\overline{SE}$ coïncide avec $\overline{SO}$; comme le triangle SEP reste toujours semblable à lui-même on aura dans cette position (*fig.* 21)

$$\frac{\overline{SN}}{\overline{NP}}=\frac{\sin\beta}{\sin(\alpha-\beta)}$$

et

$$\frac{\overline{ON}}{\overline{NP}}=\frac{\sin(90+\varphi)}{\sin(90+\varphi+\alpha)}=\frac{\cos\varphi}{\cos(\varphi+\alpha)}.$$

Il s'ensuit

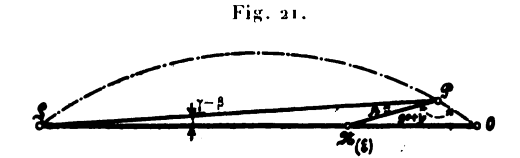
$$\frac{\overline{SN}}{\overline{NO}}=\frac{\sin\beta}{\sin(\alpha-\beta)}\,\frac{\cos(\varphi+\alpha)}{\cos\varphi}$$

et

$$\frac{\overline{SN}}{\overline{SN}+\overline{NO}}=\frac{\sin\beta\cos(\varphi+\alpha)}{\sin\beta\cos(\varphi+\alpha)+\sin(\alpha-\beta)\cos\varphi},$$

$$\overline{SN}+\overline{NO}=\overline{SO}=\mathcal{E}+\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\mathcal{E}_0-\mathcal{E}).$$

Fig. 21.



En développant

$$(4)\quad\left\{\begin{aligned}\overline{SN}=&\left[\mathcal{E}+\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\mathcal{E}_0-\mathcal{E})\right]\\&\times\frac{\operatorname{tang}\beta-\operatorname{tang}\alpha\operatorname{tang}\beta\operatorname{tang}\varphi}{\operatorname{tang}\alpha-\operatorname{tang}\alpha\operatorname{tang}\beta\operatorname{tang}\varphi}.\end{aligned}\right.$$

La construction consiste donc :

1° A tracer sur $\overline{OS}=\mathcal{E}+\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\mathcal{E}_0-\mathcal{E})$ comme corde un arc de cercle, qui contient l'angle

$$(90+\varphi+\beta);$$

2° A prendre

$$\overline{SN}=\overline{OS}\,\frac{\operatorname{tang}\beta-\operatorname{tang}\alpha\operatorname{tang}\beta\operatorname{tang}\varphi}{\operatorname{tang}\alpha-\operatorname{tang}\alpha\operatorname{tang}\beta\operatorname{tang}\varphi}$$

et de tracer sur cette longueur comme corde un arc de cercle qui contient l'angle $(90+\varphi+\alpha)$;

3° A tracer une perpendiculaire sur $\overline{OS}$ au point H donné par $\overline{OH}=\mathcal{E}$ et à déterminer le point d'intersection E avec l'arc de cercle sur $\overline{SN}$;

4° A tracer un troisième arc de cercle qui contient l'angle constant $(90+\varphi)$ sur la corde $\overline{EO}$ qu'on vient de déterminer et à rechercher le point d'intersection P avec le premier arc sur $\overline{SO}$. Ce point P donne en $\overline{PS}$ une mesure du courant et en $\overline{OP}$ une mesure de la tension. En effet

$$\overline{OP}=\mathcal{E}_b+\frac{\mathfrak{I}_v r}{\cos\varphi};$$

la valeur de $\overline{SP}$ est donnée par le triangle SMP

$$\frac{\overline{SP}}{\overline{SM}}=\frac{\sin(90-\varphi_2)}{\sin\beta},$$

d'où

$$\overline{SP} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_v\mathcal{R}_t\frac{\cos\varphi_2}{\sin\beta}.$$

En substituant pour $\sin\beta$ sa valeur tirée de l'équation (3)

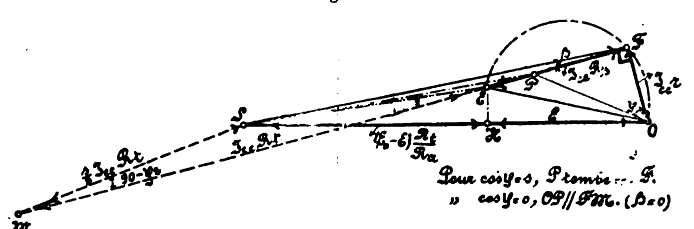
$$\overline{SP} = \frac{1}{2}R_t\mathfrak{I}_v\sqrt{\frac{1}{\lambda^2}-\frac{2}{\lambda}\sin\varphi_2+1}.$$

La tension aux bornes et le courant sont donc connus pour un état magnétique quelconque du moment qu'on connaît l'angle φ_2, ou les angles α et β, qui en dépendent. C'est encore l'essai de court-circuit qui nous permet de les trouver. Le diagramme en court-circuit prend la forme de la figure 22

$$\mathcal{E}_b = 0;\quad \overline{OF} = \mathfrak{I}_{cc}r;\quad \overline{FE} = \mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_s$$

$$\overline{EM} = \mathfrak{I}_{cc}R_t \quad \text{et} \quad \overline{MS} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_t.$$

Fig. 22.



L'état magnétique est donné par $\overline{OH} = \mathcal{E}$ et la valeur de $\overline{HS}$ est $(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}$.

Comme le décalage des courants de Foucault est très grand (presque 90°) l'angle

$$\widehat{SME} = 90 - \varphi_2$$

est faible; comme de même $\overline{OF} = \mathfrak{I}_{cc}r$ est généralement petit, $\overline{EH}$ sera presque négligeable et nous pouvons écrire avec une grande approximation

$$\overline{SH} \cong \overline{SE} \cong \frac{1}{2}\overline{EM},$$

c'est-à-dire

$$\overline{SH} = (\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a} \cong \frac{1}{2}\mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_t,$$

ou bien

$$\mathcal{E}_0 - \mathcal{E} = \frac{1}{2}\mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_a.$$

D'autre part, et pour les mêmes raisons,

$$\mathcal{E} = \overline{OH} \cong \overline{EF} = \mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_s.$$

En substituant cette valeur dans la première équation, on obtient

$$\mathcal{E}_0 \cong \frac{1}{2}\mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_a + \mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_s = \mathfrak{I}_{cc}\left(\frac{1}{2}\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_s\right),$$

ou

$$\frac{1}{2}\mathcal{R}_a = \frac{\mathcal{E}_0}{\mathfrak{I}_{cc}} - \mathcal{R}_s \quad (^1).$$

R_s étant connu, nous pouvons construire, comme pour les triphasés, une courbe de $\mathcal{R}_a$ d'après la courbe de magnétisation et de court-circuit. Nous connaissons donc la valeur $\mathcal{R}_{oa}$ à non saturation et $\mathcal{R}_t = \mathcal{R}_{oa}\frac{K_t}{K_a}$.

Dans la figure 22 toutes les valeurs sont alors connues et, comme l'angle en F est droit, la figure est entièrement déterminée.

Cette figure une fois obtenue, il suffit de faire l'angle $\widehat{FOP} = \varphi$ et tracer $\overline{SE}$ et $\overline{SP}$ pour avoir en $\widehat{SEM}$ et $\widehat{SPM}$ les angles α et β cherchés.

En effet,

$$\overline{ME} = \mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}_t$$

et

$$\overline{MP} = \mathfrak{I}_{cc}(\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s - r\,\text{tang}\,\varphi).$$

Remarquons de suite qu'une erreur relativement grande dans la détermination de $\mathcal{R}_a$ ne peut avoir qu'une faible influence sur le diagramme; en effet, ce qui vient en compte, c'est la variation du rapport $\frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}$; et ce rapport a une tendance à

(1) Dans le cas où la résistance ohmique n'est pas négligeable, on peut poser

$$\mathcal{E} = \overline{OH} \cong \overline{OE}\,\mathfrak{I}_{cc}\sqrt{\mathcal{R}_s^2 + r^2} = \mathfrak{I}_{cc}\mathcal{R}'_s$$

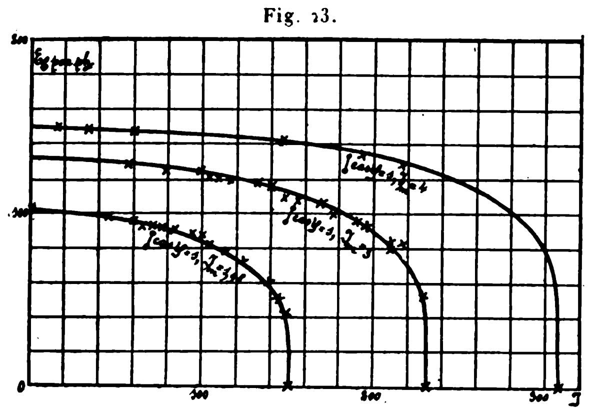
et

$$\frac{1}{2}\mathcal{R}_a = \frac{\mathcal{E}_0}{\mathfrak{I}_{cc}} - \mathcal{R}'_s.$$

Nous verrons dans le Chapitre suivant comment dans ce cas on peut par tâtonnement arriver à une exactitude encore plus grande.

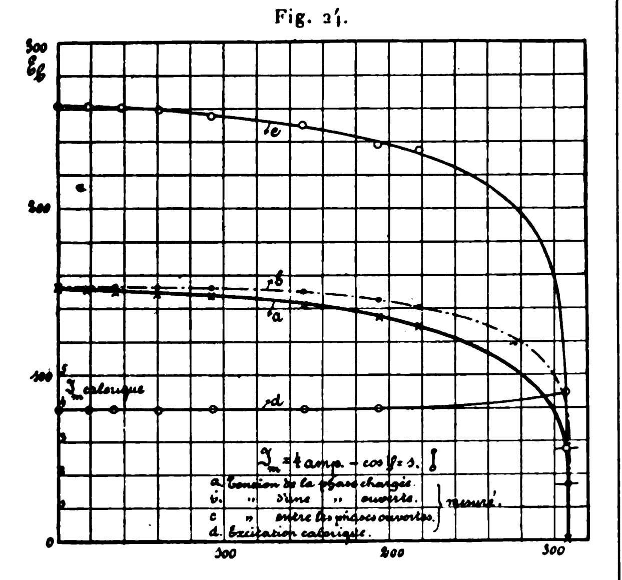
se rapprocher de la vérité parce que $\mathcal{R}_t$ est proportionnel à $\mathcal{R}_{oa}$ et que les erreurs de $\mathcal{R}_{oa}$ et $\mathcal{R}_a$ sont dans le même sens. C'est donc une justification de plus pour les approximations que nous venons de faire.

Fig. 23.



Pour $\cos\varphi = 1$, les formules se simplifient con-

Fig. 24.



sidérablement; ainsi les équations fondamentales se réduisent à

(1) $$\tan\alpha = \frac{\cos\varphi_2}{2 - \sin\varphi_2},$$

(2) $$\tan\beta = \frac{\cos\varphi_2}{\frac{1}{\lambda} - \sin\varphi_2},$$

(3) $$\lambda = \frac{\frac{1}{2}\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_t + \mathcal{R}_s},$$

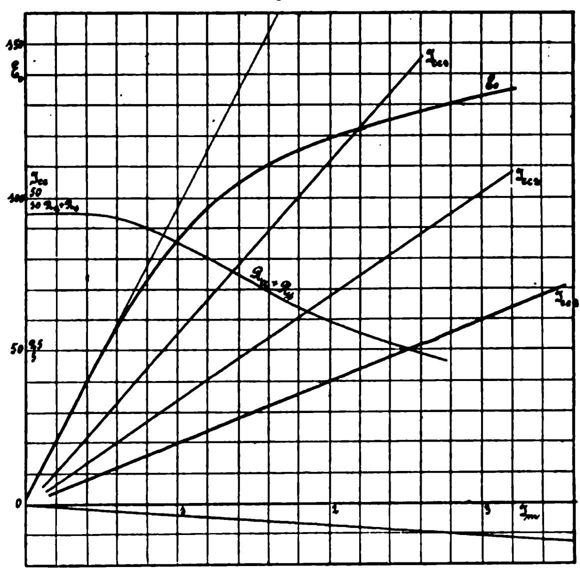
(4) $$\overline{SN} = \left[\mathcal{E} + \frac{\mathcal{R}_t}{\mathcal{R}_a}(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})\right]\frac{\tan\beta}{\tan\alpha},$$

$$\overline{OP} = \mathcal{E}_b + \mathcal{J}_v r$$

et

$$\overline{SP} = \frac{1}{2}\mathcal{R}_t \mathcal{J}_v \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda}\sin\varphi_2 + 1}.$$

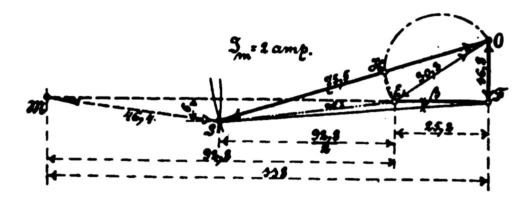
Fig. 25.



L'arc de cercle sur la corde $\overline{OE}$ devient une demi-circonférence et, pour la détermination de de α et β, P tombe en F. Pour $\cos\varphi = 0$ la tension aux bornes est sensiblement opposée à $\mathcal{E}_0$; nous pouvons donc écrire

$$\mathcal{E}_0 \cong \mathcal{R}_a \mathcal{J}_v + \mathcal{R}_s \mathcal{J}_v + \mathcal{E}_b.$$

Fig. 26.



Dans la figure 22 $\overline{OP}$ devient parallèle à $\overline{FM}$.

Le calcul de la charge purement inductive se fait donc absolument de la même façon que pour les triphasés [1].

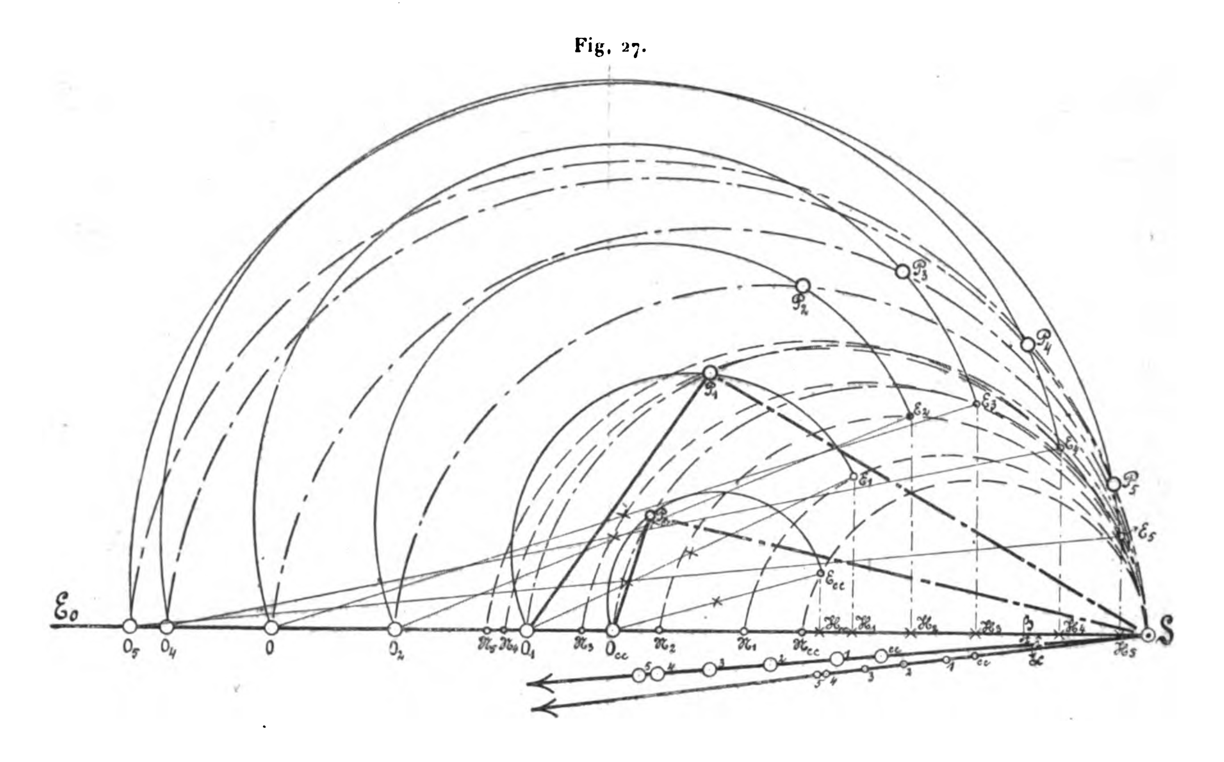
[1] Il est encore intéressant de remarquer comment le diagramme de la machine à pôles continus (*fig.* 21 publiée dans le numéro du 15 juin) sort de notre diagramme général. $\mathcal{R}_a$ étant égal à $\mathcal{R}_t$ les droites $\overline{SM}$ et $\overline{ME}$ de la figure 20 ne représentent plus seulement des lignes de construction mais en grandeur et en direction les forces électromotrices de l'inducteur et de l'induit, c'est-à-dire les droites $\overline{PA}$ et $\overline{AB}$ de la figure 21 publiée dans le numéro du 15 juin; $\overline{OP} = \varphi_0$ correspond à $\overline{OS}$ de la figure actuelle.

VI. — Application du diagramme des machines monophasées.

Nous choisissons des essais en monophasé de la même machine dont nous avons donné auparavant les essais en triphasé (*fig.* 23 et 24).

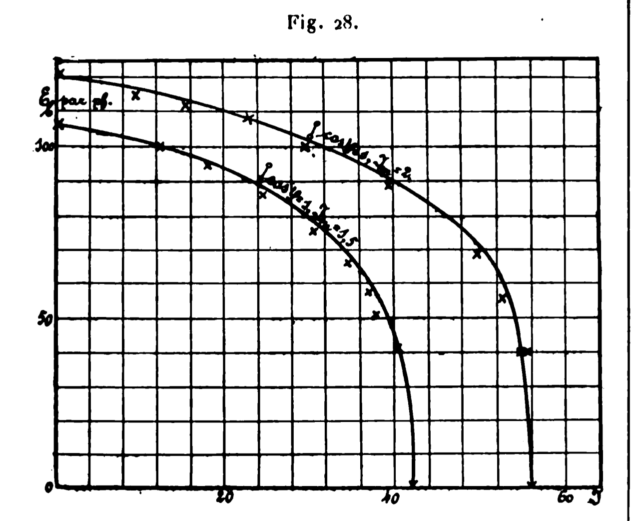
De plus, nous donnons les figures 25, 26, 27 et 28 qui se rapportent à une petite machine de 4 k. v. a., 100 volts par phase, 40 périodes, 1200 tours, qui sont particulièrement intéressantes, parce que la valeur de la résistance ohmique de l'induit est trop grande pour pouvoir la négliger dans la détermination des valeurs essentielles [1].

Fig. 27.



La figure 26 représente le diagramme de court-circuit sur une phase et la figure 27 le graphique complet pour une excitation de 1,5 ampère; les deux courbes de la figure 28 montrent la concordance entre le calcul et l'essai.

Fig. 28.



En ce qui concerne l'angle φ_2 et les angles α et β qui en dépendent, il y a lieu de remarquer que α et β sont généralement très petits et ne varient que dans de faibles proportions; il sera probablement permis d'admettre un angle α pratiquement constant pour des machines de construction semblable. En outre, une petite erreur n'a que peu d'influence du moment que le rapport $\frac{\tang \beta}{\tang \alpha}$ a été bien déterminé.

Comme conclusion de cette étude nous rappe-

[1] Pour tenir compte des courants de Foucault parasites dans les pièces polaires, qui sont toujours plus importants que dans les machines triphasées, nous avons pris comme résistance effective de l'induit 1,5 fois sa résistance ohmique.



lons ce que nous avons déjà dit dans l'introduction, qu'il suffit d'interpréter la self-induction d'après sa définition générale : « Différentielle du flux par rapport au courant » pour que la théorie de la self-induction amène aussi bien au but que toute autre méthode, et alors elle présente le grand avantage d'être la plus physique, la plus démonstrative ([1]).

J. REZELMAN,
Ingénieur-Chef de service
à la Société des Constructions
électriques de et à Charleroi.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS ([2]).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Sur l'isolement des encoches d'armature dans les alternateurs à haute tension, par H.-M. HOBART. (*Electrical Review*, Londres, t. LVI, p. 680-681 et 716-718, 28 avril et 5 mai 1905.)

L'auteur a comparé l'isolation des conducteurs induits par rapport au noyau dans 37 modèles d'alternateurs construits dans divers pays; il a constaté que l'épaisseur d'isolant adoptée varie de plus de 100 pour 100 pour des dimensions et un voltage donnés. Ayant pris la moyenne des résultats de cette recherche et des indications données par M. Parshall sur le même sujet ([3]), il a dressé la Table suivante :

Tension normale de la dynamo (volts efficaces).	Epaisseur d'isolant normale à adopter pour les encoches, en millimètres.	Tension moyenne du diélectrique en volts efficaces, par millimètre.
500	1,30	385
1000	1,75	570
2000	2,47	816
4000	3,35	1200
8000	4,60	1740
12000	5,67	2120
16000	6,67	2400

Considérons les courbes de la figure 1. La courbe A, tracée en haut, représente la tension de rupture spécifique ([4]), en fonction de l'épaisseur, d'un des meilleurs isolants connus, le mica naturel. La courbe B reproduit les valeurs énumérées dans la troisième colonne de la Table précédente, elle représente donc la pratique normale actuelle pour l'isolement des induits d'alternateurs. On peut ici se demander pourquoi les constructeurs admettent pour l'isolant une tension spécifique *croissant avec l'épaisseur de l'isolant*, comme le montre la courbe B, bien que la tension disruptive spécifique des isolants décroisse en général avec l'épaisseur. La raison en est que, pour des motifs d'ordre mécanique, on ne peut guère diminuer au-dessous de 1^{mm} l'épaisseur de l'isolant des encoches, même si le voltage de la machine est très bas. C'est ce qui nous a habitués à un facteur de sécurité très élevé pour les machines à basse tension. Mais pour les alternateurs à haute tension, où un facteur de sécurité égal au moins à 5 serait à souhaiter, on se trouve arrêté par des obstacles techniques et surtout par les frais qu'entraînerait une pareille construction. On limite donc pratiquement à 3 (souvent même à 2) le facteur de sécurité d'un alternateur à 5000 volts et à 2 celui d'un alternateur à 15000 volts. Adoptant des facteurs intermédiaires pour des voltages intermédiaires, on obtient la courbe S, qui donne les valeurs de la tension sur l'isolant par millimètre d'épaisseur de celui-ci, pendant la durée des essais de la machine complètement achevée. Cette courbe croît encore avec l'épaisseur de l'isolant, ce qui oblige à employer des matériaux de meilleure qualité dans les machines à

([1]) C'est avec la plus vive reconnaissance que je remercie mon ami Ph. Rabbinowitsch, Ingénieur de mon bureau de calcul, qui ne m'a pas seulement aidé dans la rédaction de ce travail, mais dont le talent mathématique a complété heureusement mes conceptions; c'est à lui qu'est due la construction des diagrammes tri- et monophasés par arcs de cercle.

([2]) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. MARKS and CLERK, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

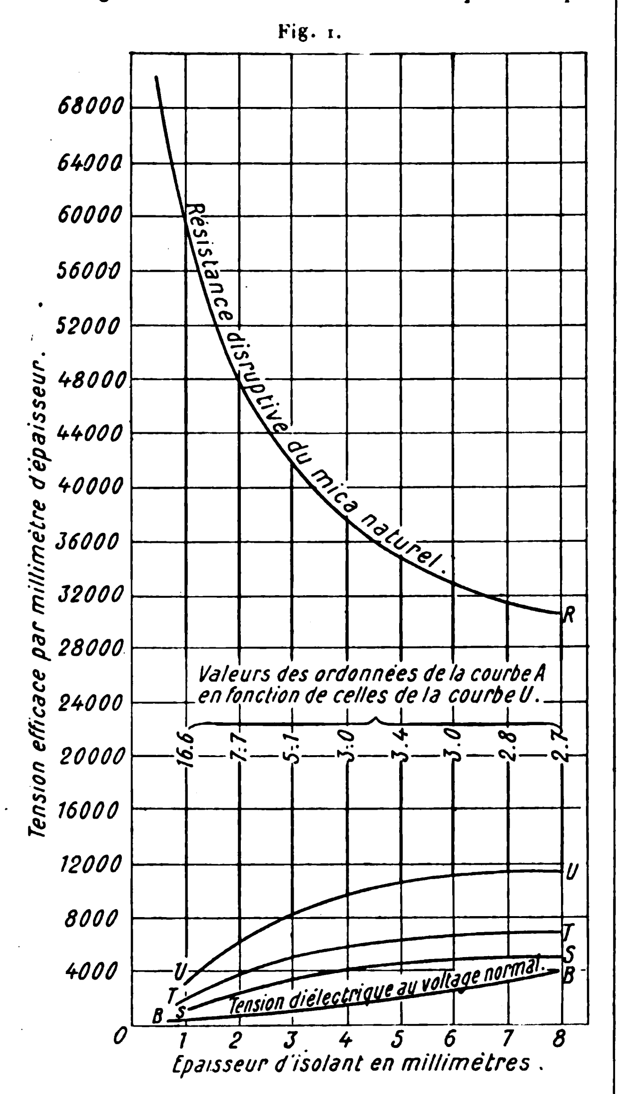
([3]) *Traction and Transmission*, t. I, 1901.

([4]) C'est-à-dire la tension de rupture par millimètre d'épaisseur.

haute tension et à surveiller de très près le détail de la construction.

Le constructeur avisé s'imposera d'ailleurs un facteur de sécurité plus élevé que celui qu'exige la spécification. Si l'on fixe à 33 pour 100 ce facteur de sécurité supplémentaire, on obtient la courbe T de la figure 1. Mais cette courbe ne représente pas

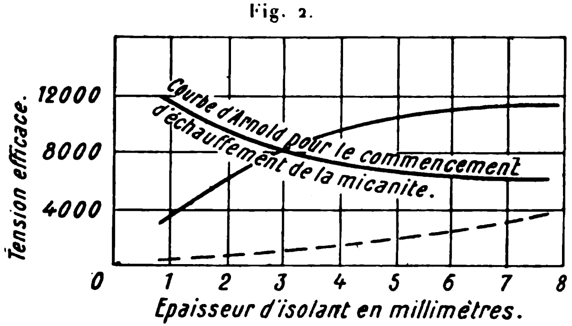
Fig. 1.



encore la plus haute tension spécifique à laquelle sera soumis l'isolant : il se fait des essais à haute tension à chaque phase de la construction de la machine, essais dont la rigueur doit diminuer à mesure que l'achèvement de la construction approche. Ainsi les bobines induites devront, avant la connexion, être essayées à une tension plus élevée que celle de l'essai définitif. Mais cette épreuve même ne doit pas être poussée jusqu'à endommager l'isolant, on devra donc s'y tenir aux deux tiers, par exemple, de la tension disruptive de l'isolant. La courbe U, dont les ordonnées sont de 75 pour 100 supérieures à celles de la courbe T, représentera donc la tension disruptive par millimètre d'épaisseur de l'isolant, en volts efficaces, *après la mise en place de l'isolant sur la bobine*.

Il est évident qu'on ne peut appliquer directement le mica naturel à l'isolement des encoches. Il faut un isolant flexible : la micanite satisfait à cette condition. Sa tension de rupture, pour des épaisseurs de $0^{mm},5$ et plus, s'élève, aux essais, à 40000 volts efficaces par millimètre, mais tombe à 20000 volts et au-dessous pour des épaisseurs de plusieurs millimètres. Une autre considération est d'ailleurs nécessaire, celle de la chaleur développée dans l'isolant. La courbe de la figure 2, tirée de

Fig. 2.



données publiées par Arnold, indique les valeurs de la tension qui suffisent à produire dans diverses épaisseurs de micanite un échauffement perceptible, la tension étant appliquée d'une manière continue. Sur la même figure, on a reproduit la courbe U de la figure précédente et l'on peut voir que la marge entre les exigences de la construction et les moyens dont nous disposons, qui paraissait grande dans la figure 1, a maintenant plus que disparu. Cependant il ne faudrait pas en conclure que l'échauffement dû à la tension diélectrique se produit au voltage normal. Il n'en est pas ainsi dans une machine bien calculée, et, pour le montrer, on a reproduit sur la figure 2, en trait discontinu, la courbe B de la figure 1, qui représentait la tension diélectrique au voltage normal de la machine. Mais il est évident que la marge est assez réduite : l'échauffement des isolants est donc à considérer dans tous les cas de haute tension ([1]). L'analyse de quelques essais faits dans ce but conduit au résultat suivant, peu certain d'ailleurs :

([1]) L'échauffement dû à la tension diélectrique ne doit pas être *nécessairement* exclu en marche normale. Il suffit que cet échauffement, ajouté aux autres pertes qui se produisent dans la machine, ne donne pas lieu à une élévation de température suffisante pour endommager les isolants.



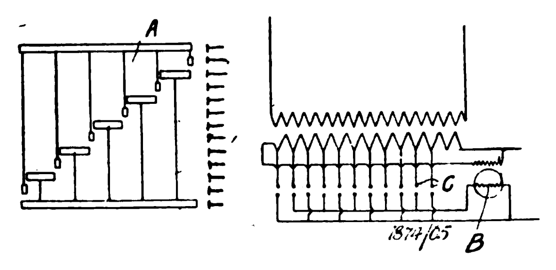
Si, pour une épaisseur donnée, un voltage V est juste suffisant pour produire un échauffement perceptible, l'élévation de température sera de 0°,5 C. pour 1 pour 100 d'élévation de voltage.

Cette règle donne probablement des valeurs trop fortes de l'élévation de température pour de grandes épaisseurs et des valeurs trop faibles pour des petites épaisseurs d'isolant, mais, faute de données expérimentales, on ne peut encore établir une formule exacte.

Mais tous les essais auxquels on s'est référé ici ont été effectués sur des échantillons plans et l'auteur attire l'attention sur ce fait que les cintrages qu'on doit faire subir à la micanite pour l'introduire dans les encoches ont presque certainement pour effet de diminuer considérablement la résistance disruptive dans les parties courbes. Aussi s'est-il formé deux écoles parmi les constructeurs, au point de vue de l'isolement des encoches, l'une utilisant la micanite, l'autre les tissus imprégnés. Pour comparer ces deux procédés, l'auteur suggère les essais suivants : on enroulerait sur des cylindres de fer ou de bronze, de 40^mm^, 20^mm^, 10^mm^ et 5^mm^ de diamètre extérieur, d'une part de la micanite, d'autre part des tissus imprégnés, l'épaisseur d'isolant étant par exemple de 1^mm^ pour une première série d'essais. La résistance à la rupture diminuerait avec le diamètre, mais probablement plus vite pour la micanite que pour les tissus imprégnés. L'auteur fait remarquer en terminant que le papier imprégné est au nombre des meilleurs isolants comme résistance disruptive, qu'il est très employé par l'isolation des câbles et qu'on devrait peut-être l'utiliser plus largement dans la construction des machines.

P. L.

Régulateur de la tension aux bornes d'un transformateur, F. Lydall, Bowdon, Cheshire (Brevet anglais, 1874, 1905). — Ce régulateur se compose d'un commutateur circulaire A et d'un appareil d'induction B. Le commutateur circulaire a pour but de modifier graduellement le



nombre des enroulements du secondaire en circuit. L'appareil d'induction B a pour effet de produire entre deux contacts adjacents C une différence de potentiel égale et contraire à la force électromotrice développée entre les spires du secondaire aboutissant à ces contacts et, par suite, d'éviter la production d'un arc lorsqu'on fait tourner le commutateur. (Marks and Clerk.)

Pile sèche à régénération, W.-H. Grégory (Brevet français 347132, du 15 octobre 1904). — La pile brevetée ici est la pile Leclanché sèche, caractérisée par un tube à essai renfermant de l'eau, placé dans les matières chimiques et que l'on brise en frappant sur l'extérieur de l'enveloppe lorsqu'on désire humecter ces matières chimiques afin de donner une nouvelle activité à la pile.

Élément galvanique renversable, H. Csanyi, E. Klupathy et G. de Barczay (Brevet français 347363, du 27 octobre 1904). — Il s'agit ici d'une pile que l'on peut renverser, par exemple en la suspendant sur deux tourillons. La pile comprend un vase fermé d'une façon étanche par un couvercle, d'une cloison dont la partie située entre les électrodes permet la diffusion des électrolytes, tandis que l'autre partie est imperméable. La pile peut être mise en activité ou hors d'activité selon qu'on la retourne dans un sens ou dans l'autre.

Accumulateur cylindrique avec dispositif particulier des électrodes, F. Mouterde (Brevet français 347492, du 29 octobre 1904). — Les électrodes sont cylindriques et disposées concentriquement; elles sont rainurées sur leurs deux faces intérieure et extérieure et les rainures sont remplies de matière active. Le plus grand des cylindres, muni d'un rebord, sert en même temps d'électrode négative et de bac et est muni à sa partie inférieure d'un goulot de vidange obturé à l'aide d'un bouchon en caoutchouc. Les cylindres intérieurs négatifs sont portés par des colonnettes soudées sur le fond du bac et qui agissent en même temps comme répartiteurs de courant. Les cylindres positifs portés par un croisillon viennent s'intercaler entre les cylindres négatifs. Les branches du croisillon qui portent chacune des tasseaux en matière isolante viennent reposer à cheval sur chaque cylindre négatif. Les cylindres positifs restent ainsi libres de se dilater; leur remplacement est très facile. La présence d'un trou de vidange facilite le nettoyage et l'entretien de l'élément.

Accumulateur à électrolyte haloïde, E. Brousseau (Brevet français 348605, du 6 décembre 1904). — Les électrodes sont en zinc et charbon; l'électrolyte est un sel haloïde de zinc, le bromure par exemple. L'élément présente deux compartiments dont l'un seul renferme les électrodes et l'électrolyte pendant le fonctionnement. Pendant les périodes d'inactivité, on renverse l'élément, de sorte que l'électrolyte passe dans le deuxième compartiment. On évite ainsi l'attaque du zinc à circuit ouvert.

Nouvel accumulateur, A.-H. Bainville (4e addition, n° 3908, du 8 novembre 1904, au Brevet français 302494). — Cette addition se rapporte à un mode de fabrication des filières. On part de pièces métalliques, généralement en acier, à section circulaire et présentant un épaulement. La partie la plus étroite est fendue à la fraise, de telle façon que le nombre et l'épaisseur des fentes sont égaux au nombre et à l'épaisseur des ailettes qu'on désire obtenir sur la tige filée. Si l'on veut obtenir une filière pour tige à âme à section circulaire, les fentes sont faites radialement et le trou central correspondant à l'âme est constitué par la réunion de ces fentes. Si la tige filée doit avoir une âme à section rectangulaire, les fentes sont faites parallèlement entre elles et le passage de l'âme est obtenu en faisant une fente transversale. La pièce métallique ainsi fendue sur une de ses faces est défoncée sur l'autre face pour dégager le trou correspondant à l'âme et faire apparaître les fentes sur la longueur qui a été choisie d'avance comme largeur des ailettes de la tige filée.

On vient enfin ajuster sur cette pièce fendue une pièce de sertissage généralement en acier qui forme bague sur toute la hauteur de la partie fendue et est percée d'un trou de forme convenable pour le libre passage, pendant le filage,

4..

de la tige filée ou du plomb servant à l'obtenir, suivant qu'on emploie la filière dans l'un ou l'autre sens.

En ce qui concerne l'assemblage des tiges, on aplatit celles-ci à une extrémité et l'on réunit toutes ces extrémités dans un moule affectant la forme de la tête de la plaque avec sa queue de connexion. Le moule est alors trempé dans un bain de plomb ou d'alliage de plomb, puis retiré aussitôt que le métal a rempli la cavité du moule. Il suffit de sortir la pièce du moule dès que le métal est solidifié pour obtenir la plaque terminée.

Procédé pour régénérer les plaques négatives des accumulateurs, de capacité amoindrie, ou pour empêcher la diminution de capacité des plaques neuves, RICHARD KIESERITZKY (Brevet français 346760, du 3 octobre 1904). — L'invention est basée sur cette constatation que l'intercalation de planchettes de bois entre les plaques négatives et positives d'un accumulateur a pour effet de réagir contre le concrétionnement des plaques négatives ou de régénérer ces dernières lorsque le concrétionnement a déjà commencé. Ce phénomène doit être attribué à la présence dans le bois de substances que l'électrolyte dissout graduellement. Mais comme le bois renferme, en dehors de ces substances utiles aux plaques négatives, des substances telles que les acides organiques, qui sont nuisibles aux plaques positives ou d'autres, telles que la résine, qui rendent difficile la pénétration de l'électrolyte et augmentent, par conséquent, la résistance intérieure de l'élément, il importe de débarrasser le bois de ces substances par un lavage au moyen de liquides alcalins. Le bois ainsi traité est disposé entre les plaques sous forme de planchettes ou de copeaux. On peut également employer tous les corps organiques dont la constitution chimique correspond à celle du bois : bambou, roseau, paille, tourbe, etc.

Procédé de préparation par immersion des plaques de peroxyde de plomb, R. ZIEGENBERG (Brevet français 347297, du 12 octobre 1904). — Les plaques positives sont imprégnées d'acide sulfurique concentré de la façon suivante : Dans un récipient en fonte ou en fer forgé doublé de plomb, on place les plaques de peroxyde de plomb préalablement séchées à l'air libre, de façon qu'il y ait entre les plaques un intervalle suffisant. Après avoir fermé hermétiquement le récipient, on fait le vide dans la chambre intérieure, en sorte que l'air contenu dans les pores se trouve éliminé et que les plaques se trouvent desséchées complètement. Quand le vide est terminé, on fait passer de l'acide sulfurique concentré par un tuyau aboutissant au fond du réservoir. On ferme le robinet de ce tuyau lorsque le niveau de l'acide dépasse le bord supérieur des plaques, puis on laisse pénétrer l'air atmosphérique par un robinet adapté au couvercle. L'acide sulfurique se trouve ainsi comprimé dans les pores des plaques qui sont ainsi absolument remplis d'acide.

Après cela, les plaques ainsi traitées sont protégées contre le contact de l'air en les plaçant, par exemple, dans des récipients en bois revêtus de gutta-percha. Elles sont alors utilisables pendant longtemps, soit pendant 3 à 4 mois. Pour les utiliser, on les place avec des électrodes en zinc dans des bacs qu'il suffit de remplir d'eau. Pendant le fonctionnement, le dégagement d'acide s'opère lentement et progressivement, de sorte que la concentration de même que la tension restent suffisamment constantes pendant la décharge.

Produit imperméable, incombustible, isolant et inattaquable par les acides, U.-A. MARGA (Brevet français 348192, du 22 novembre 1904). — Cette matière, proposée notamment pour la fabrication des bacs d'accumulateurs, s'obtient en malaxant 10 parties de poudre d'amiante, préalablement chauffée au rouge vif, avec une partie en poids de protoxyde de plomb, bioxyde de plomb ou bioxyde de manganèse. On ajoute encore 3 parties d'huile de lin. Celle-ci s'oxyde et forme, au bout d'un certain temps, avec l'amiante, une pâte susceptible d'affecter toutes espèces de formes. On laisse refroidir. L'oxydation de l'huile de lin continuant, le produit devient plus consistant. On le malaxe à nouveau avec une certaine quantité d'alcool et d'éther. C'est avec la pâte ainsi obtenue qu'on façonne les objets.

Bouchon pour accumulateurs électriques, A. DININ (Brevet français 348637, du 8 décembre 1904). — Ce bouchon est destiné à éviter les projections de liquide tout en permettant l'échappement des gaz. Il est composé d'une tétine en caoutchouc logée dans un tube en verre, ouverte à sa partie inférieure et percée à sa partie supérieure d'une fente qui s'ouvre sous la pression des gaz, les jets de liquide, au contraire, étant arrêtés dans la tétine.

Vase en métal pour éléments d'accumulateurs avec parois formant supports pour la masse active, par G.-A. WEDEKIND (Brevet français 346114 du 22 août 1904; Brevet allemand 161451 du 19 mars 1904). — Le vase en fonte, bronze, cuivre ou acier fondu pour accumulateurs à électrolyte alcalin est caractérisé par les points suivants : 1° les parois internes de la caisse aussi bien que des parois intermédiaires installées en communication électrique sont construites pour former des supports pouvant recevoir la matière active; 2° les parois internes sont repoussées vers le dehors de toute l'épaisseur de la couche de matière active à supporter dans chaque cas particulier; 3° le couvercle muni d'une garniture en caoutchouc est assujetti sur la caisse au moyen de vis, de façon à éviter le passage du dedans au dehors de l'eau ou de l'air comprimé.

Consommation des moteurs Diesel (*Electrical Review*, Londres, t. LVIII, p. 106, 21 juillet). — Nous avons déjà donné ici quelques renseignements sur la faible consommation des moteurs Diesel à pétrole (*Revue électrique*, t. III, p. 12, 15 janv. 1905) : en voici quelques autres fournis par des essais faits à la station de Yardley des tramways de Birmingham qui renferme quatre moteurs Diesel de 160 chevaux chacun. — Pour un facteur de charge de l'usine génératrice égal à 0,31, la consommation de pétrole est de 300g par kilowatt-heure produit. Au prix de 66fr la tonne, la dépense de combustible est donc de 0fr,02. La dépense relative à l'huile, l'eau, l'amortissement est de 0fr,0055; les réparations et l'entretien coûtent 0fr,0041; les gages et salaires 0fr,02. Le prix de revient total du kilowatt-heure électrique n'est donc que de 0fr,0496, soit environ 0fr,05. — Par suite de la faiblesse du facteur de charge, il n'y a le plus souvent que deux moteurs en marche; mais parfois la demande de courant est telle qu'il faut mettre immédiatement en marche un troisième et même le dernier moteur : cette mise en marche ne demande pas plus de deux minutes.

BREVETS RÉCENTS.

Piles : BASSET. BF. 352759, 27 mars 1905 (générateur thermochimique d'électricité). — BLANNEUSER. USAP. 792191, 1er août 1904 (batterie galvanique). — LE CARBONE. BF. 353061, 5 avril 1905 (perfectionnements apportés aux piles électriques à liquide immobilisé). — ZOOK et COOPER. BF. 353140, 8 avril 1905 (pile électrique).

Accumulateurs : DELAFON. BP. 17011, 1904. — JACOB. BF. 353147, 8 avril 1905 (préparation des oxydes de plomb pour accumulateurs). — KOLNER ACCUMULATORENWERKE. DRP. 161802, 13 nov. 1903 (électrodes). — OPPERMANN. BF. 353103, 5 avril 1905 (perfectionnements aux plaques de batteries secondaires). — RICKS. BP. 11288, 1904. — ROLOFF. DRP. 162199, 13 août 1903. — WEHRLIN. DRP. 162200, 23 août 1903.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Disjoncteur à action différée, THE ELECTRIC AND ORDNANCE ACCESSORIES Co et R.-F. HALL, Aston (Brevet anglais 18704, 1904). — **Idem**, J.-G. SLATTER, Birmingham (Brevet anglais 16846, 1904). — **Idem**, L. ANDREWS (Brevet anglais 7874, 1895). — D'après le premier de ces brevets, le noyau du solénoïde de commande porte un piston mobile dans un cylindre à air; si la surcharge est momentanée le noyau n'a pas le temps de se déplacer; si au contraire elle dure quelques secondes, le noyau se déplace, le piston monte lentement puis débouche un conduit qui laisse passer au-dessous de lui l'air qui a été comprimé dans la partie supérieure du piston, ce qui accélère son mouvement.

18704/04

Disjoncteur de la Electric and Ordnance Accessories Co.

16846/04

Disjoncteur Slatter.

7874/05

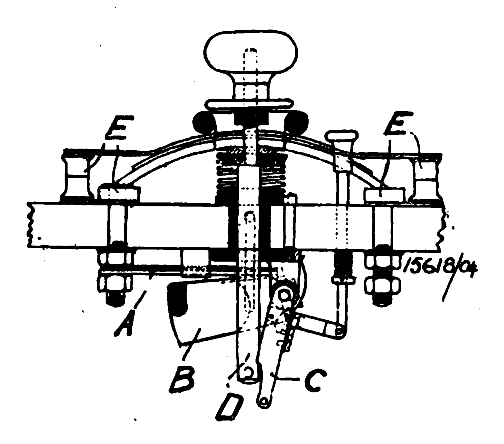
Disjoncteur Andrews.

Dans le disjoncteur Slatter, le noyau du solénoïde qui commande le disjoncteur supporte un disque plan s'appuyant contre le fond plat d'une boîte contenant de la glycérine; il se produit entre les deux surfaces une adhérence considérable qui empêche l'ascension du noyau tant que l'intensité traversant le solénoïde ne dépasse pas une certaine valeur; quand cette adhérence est vaincue, l'ascension se produit.

Dans le dispositif Andrews, le noyau d'un solénoïde porte un vase renversé plongeant dans du mercure surmonté par un liquide plus léger, de l'huile par exemple; un ajutage réglable permet à l'huile de passer dans le vase renversé quand le noyau le soulève; on arrive ainsi à régler le mouvement du noyau. Sur la figure ce mouvement ferme un circuit qui commande le fonctionnement d'un disjoncteur, ou de tout autre appareil. (MARKS AND CLERK.)

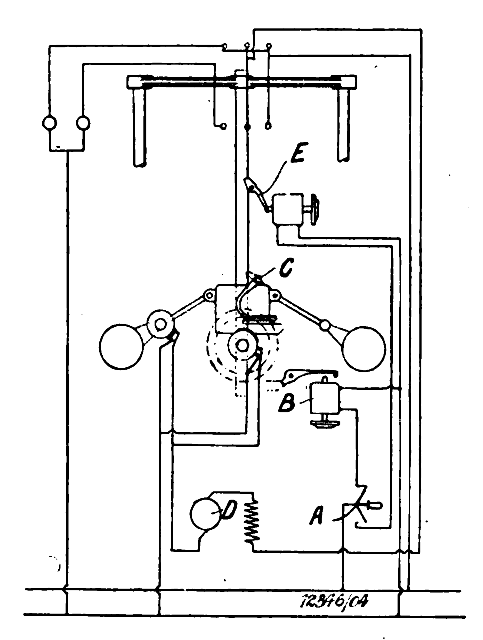
Coupe-circuit thermique, CROMPTON AND Co et R.-Ch. HARRIS, Chelmsford (Brevet anglais 15618, 1904). — La dilatation d'une barre A provoque la chute d'un poids B contre

un cliquet C dont le jeu permet à la tige D de l'interrupteur EF de se soulever sous l'action d'un ressort; ce ressort est



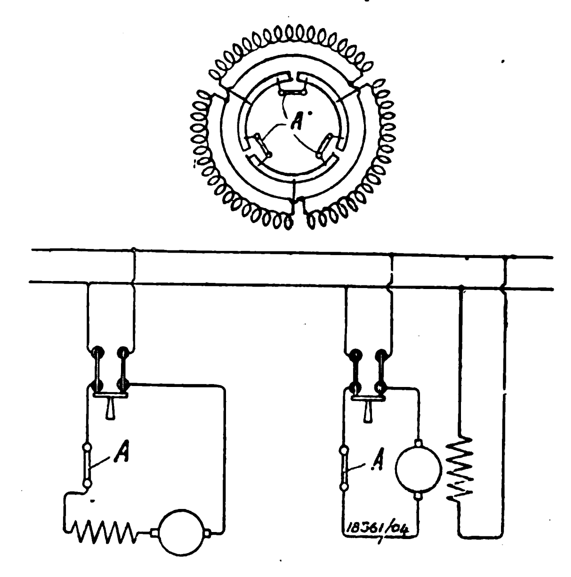
assez fort pour ramener en même temps le poids B dans sa position primitive. (MARKS AND CLERK.)

Dispositif de manœuvre d'interrupteurs à huile, A.-P. ZANI, Englisch electric Works, Preston (Brevet anglais 16846, 1904). — Un commutateur bipolaire A, permet d'envoyer un courant dérivé dans un électro-aimant B dont l'armature libère la tige verticale supportant les contacts de



l'interrupteur et qui tend toujours à monter grâce aux contre-poids et au cliquet C; un moteur D se trouve alors automatiquement mis en marche et ramène en position initiale les contre-poids, le cliquet C et le manchon, la tige verticale soulevée par le cliquet E; en manœuvrant le commutateur bipolaire de manière à envoyer le courant dérivé dans un second électro-aimant, ce cliquet F se trouve attiré et la tige de contacts retombe. (MARKS AND CLERK.)

Résistances à coefficient de température négatif, BRITISH THOMSON HOUSTON Co, Londres (Brevet anglais 13361, 1904). — Ces résistances, formées par un mélange de carbone, de magnétite et de chromite de fer, ont une résistivité qui diminue quand leur température s'élève, de sorte que la résistance totale d'un circuit dans lequel on a intercalé des



résistances de ce genre diminue peu à peu quand on y lance un courant. Aussi ces résistances conviennent-elles surtout pour la mise en marche des moteurs, application à laquelle se rapportent les figures ci-jointes. (MARKS AND CLERK.)

Sur la mise à la terre dans les installations électriques, par W.-W. LACKIE (*Journ. Inst. of Elect. Eng.*, t. XXXV, p. 116-131 et p. 131-150, juin). — L'auteur examine, en premier lieu, les procédés qu'il convient d'employer pour relier à la terre les tubes et enveloppes métalliques contenant les conducteurs électriques des installations intérieures, et rejette d'une manière absolue l'utilisation des conduites de gaz pour effectuer cette liaison. Quant aux tubes ou enveloppes de protection, il importe qu'ils soient absolument continus et distants d'au moins 2cm,5 des conduites de gaz : un défaut de continuité pourrait, en effet, avoir pour conséquence de produire entre deux portions de ces tubes ou enveloppes une différence de potentiel égale à celle de la distribution dans le cas d'un mauvais isolement des conducteurs par rapport aux enveloppes. L'auteur insiste sur les précautions qu'il est nécessaire de prendre pour assurer cette continuité et à titre d'exemple cite quelques accidents, principalement des fusions de conduites de gaz, qui se sont produits à Glascow dans des installations mal établies. La prise de terre doit se faire au moyen d'une résistance calculée de manière que l'intensité du courant dérivé à la terre soit de deux à trois fois l'intensité du courant normal alimentant l'installation. L'auteur examine ensuite la question de savoir s'il convient ou non de relier au sol le conducteur neutre d'un réseau à trois fils et indique le procédé généralement employé pour effectuer cette liaison : le conducteur neutre est relié au sol par une série de lampes à incandescence court-circuitée par un fusible; quand un défaut d'isolement se produit sur l'un des conducteurs extrêmes, un courant traverse les lampes, lesquelles deviennent plus ou moins brillantes.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Moteurs à grande variation de vitesse de la Gesellschaft für elektrische Industrie Karlsruhe (*Bulletin de la Société belge d'Electriciens*, t. XXII, p. 445 à 453, juillet 1905). — Dans certains cas, et en particulier pour la commande des machines à papier, il est nécessaire de marcher à des vitesses très diverses, pouvant varier dans la proportion de 1 à 15. Lorsque la commande de ces machines se fait par moteur à vapeur, on arrive à obtenir ces grandes variations de vitesse en recourant soit à de grands tambours-cônes, soit à des roues d'engrenages, voire même à des frictions coniques. Quand la commande se fait par moteurs électriques, divers dispositifs permettent d'éviter ces modes de transmissions coûteux et encombrants. — Parmi ces dispositifs il en est un, assez souvent employé lorsque la vitesse ne doit varier que dans le rapport de 1 à 4, qui consiste à prendre des moteurs à deux collecteurs avec contrôleurs spéciaux permettant de mettre les deux enroulements en série sous deux tensions différentes, puis en parallèle sous la tension la plus élevée; la figure ci-dessous indique le schéma des connexions d'un contrôleur utilisé dans ce cas avec un réseau à trois fils à 115 et 230 volts; elle est suffisamment claire pour ne nécessiter aucune explication. — Si l'on

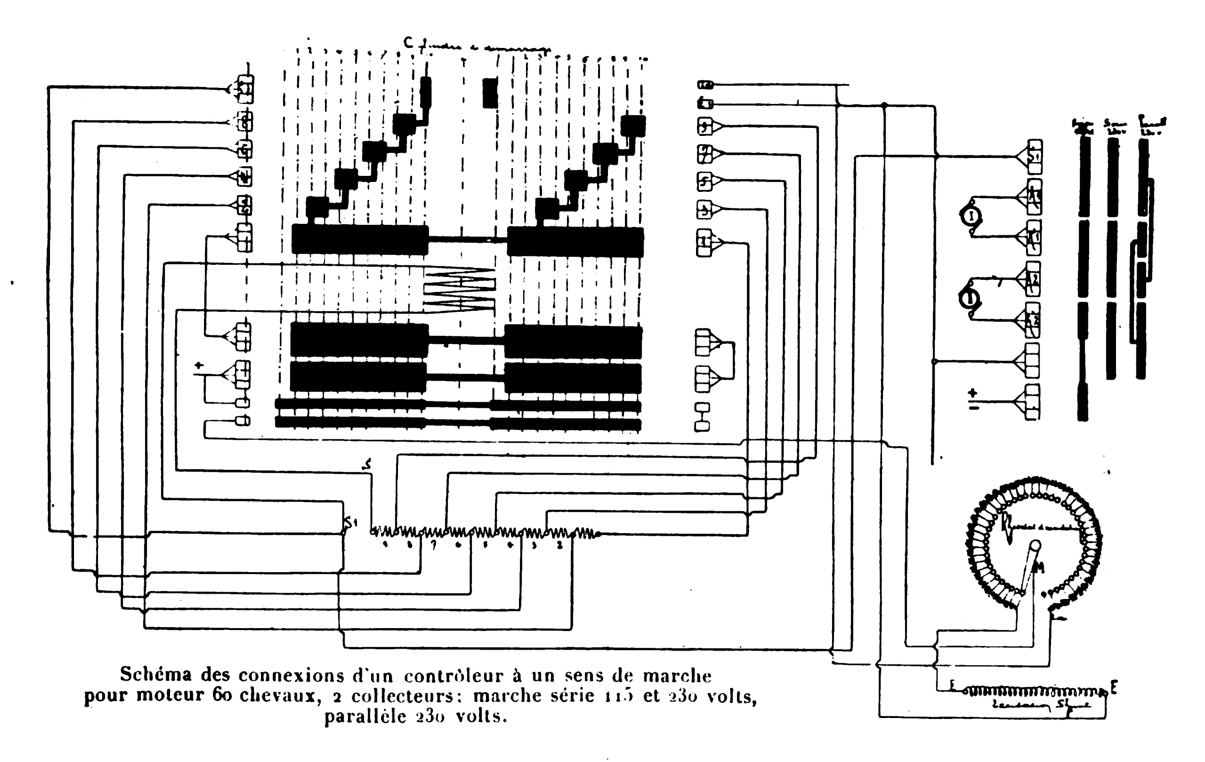


Schéma des connexions d'un contrôleur à un sens de marche pour moteur 60 chevaux, 2 collecteurs; marche série 115 et 230 volts, parallèle 230 volts.

veut une plus grande variation de vitesse, on peut avoir recours à un moteur alimenté par un groupe électrogène spécial fournissant le courant à la tension correspondante à la vitesse demandée. Le groupe électrogène est lui-même constitué par un moteur électrique actionnant par accouplement élastique une dynamo génératrice à excitation indépendante qui permet de faire varier la tension à ses bornes. Toutefois cette solution exige l'emploi de moteurs spéciaux, car la puissance d'un moteur ordinaire étant proportionnelle à sa vitesse, un moteur capable de développer 50 chevaux à 800 t : m ne donnera plus, à 80 t : m, que 5 chevaux, puissance qui, le plus souvent, sera insuffisante. La Gesellschaft für elecktrische Industrie Karlsruhe s'est attachée à éviter cet inconvénient en construisant des moteurs dont la puissance ne baisse que de moitié quand la vitesse tombe de 6 à 1, et dont quelques-uns ont été mis en service récemment, avec plein succès, dans les papeteries de Saventhem.

Les données suivantes se rapportent à un moteur capable de fournir 35 chevaux à des vitesses variant de 300 à 900 t : m et 17,5 chevaux entre 150 et 300 t : m pour une tension variant de 110 à 220 volts.

Nombre de pôles, 6. Nombre de spires par bobine, 865. Diamètre du fil, 3^{mm},8-4^{mm},3. Alésage polaire, 538^{mm}. Longueur du fil, 240^{mm}. Résistance de l'enroulement inducteur à froid, 7^{ohms},3. Diamètre de l'armature, 530^{mm}. Largeur du fer, 240^{mm}. Nombre d'encoches, 70. Dimensions, 10^{mm} × 25^{mm}. Nombre de fils par encoche, 4. Section conductrice, 5^{mm},5 × 10^{mm}. Disposition, série. Pas de l'enroulement, 45-19. Nombre de balais, 6. Nombre de lames au collecteur, 140. Résistance à froid, 0^{ohm},025 Diamètre du collecteur, 335^{mm}. Largeur du collecteur, 95^{mm}.

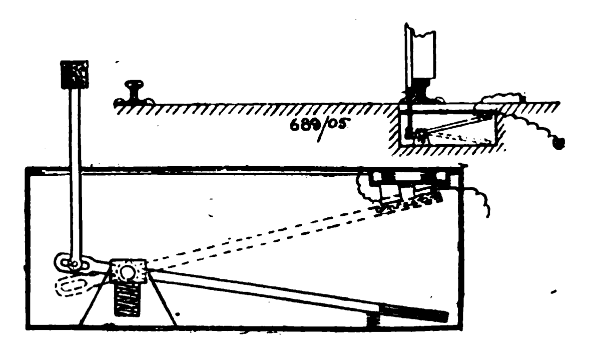
Les diagrammes de rendement de ce moteur entre 150 et 300 tours, et entre 300 et 900 tours, montrent que le rendement est encore de 82 pour 100 pour la plus faible vitesse et que, pour une vitesse allant de 300 à 900 t : m, il varie seulement entre 85 et 89 pour 100.

Les diagrammes relevés avec un moteur de 60 chevaux indiquent : (*a*) que pour une puissance de 30 chevaux susceptible d'être fournie entre 120 et 300 t : m, le rendement est compris entre 87 et 89 pour 100; (*b*) que pour une puissance de 60 chevaux susceptible d'être développée entre 250 et 750 t : m, le rendement est compris entre 88 et 90 pour 100.

Pour l'un et l'autre de ces moteurs les rhéostats de régulation peuvent être établis de manière à permettre de faire varier la vitesse angulaire de 5 en 5 t : m.

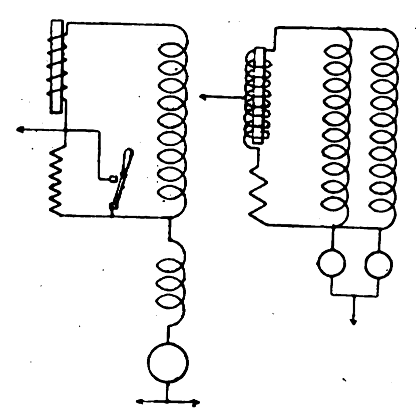
TRACTION.

Distributeur de courant pour voie à conducteur sectionné, R. Duckworth, Preston (Brevet anglais 689, 1905). — Quand le train est sur le point de passer d'une section à une autre, les roues appuient sur une pédale qui



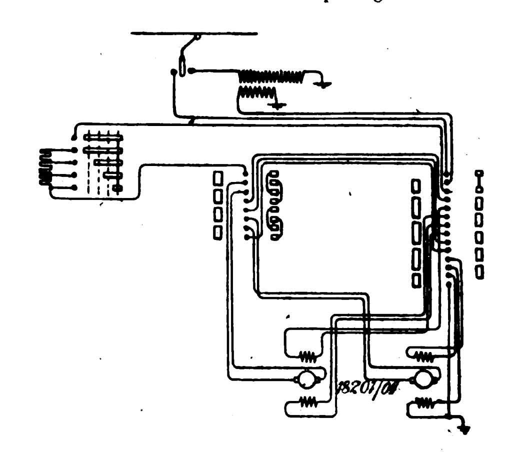
met en relation avec la ligne d'alimentation le conducteur de prise de courant de la section sur laquelle le train va s'engager. Dès que le train est sur cette section, la pédale est maintenue dans la position de contact par un électro-aimant; quand il a dépassé cette section, le courant d'excitation de cet électro-aimant se trouve rompu et la pédale retombe. (Marks and Clerk.)

Dispositifs Lamme pour le réglage de l'excitation d'un moteur-série à courant alternatif et à courant continu (Brevets américains 794362 et 794363, 3 mai 1904 et 5 janvier 1905, délivrés le 11 juillet 1905). — L'application du courant alternatif simple à la traction a conduit quelques compagnies de tramways à adopter la solution suivante : emploi du courant continu sur les réseaux urbains et emploi du courant alternatif simple sur la partie suburbaine. Une voiture du réseau suburbain se trouve, dès lors, alimentée par du courant continu lorsqu'elle pénètre dans le réseau urbain. — Les moteurs-série construits pour fonctionner avec courant alternatif fonctionnent encore dans de bonnes conditions avec courant continu; cette solution ne



présente pas, en pratique, beaucoup d'inconvénients, surtout, comme c'est généralement le cas, lorsque la durée du parcours avec alimentation en courant continu est assez faible. Toutefois la valeur du champ magnétisant qui convient le mieux n'est pas la même dans les deux cas : avec le courant alternatif les ampères-tours d'excitation doivent être moindres qu'avec le courant continu. Les brevets de M. Lamme se rapportent à des dispositifs permettant de modifier automatiquement, dans le sens voulu, les ampères-tours d'excitation quand la nature du courant d'alimentation change. — Les figures ci-jointes représentent schématiquement deux de ces dispositifs. Dans le dispositif se rapportant à la figure de gauche, l'enroulement d'excitation est divisé en deux parties dont l'une est en dérivation sur un circuit formé d'une résistance non inductive et d'une résistance inductive, entre lesquelles est faite la connexion à la ligne d'alimentation. Dans ces conditions, si la ligne donne du courant continu, la majeure partie de ce courant passe par la résistance inductive, dont la résistance ohmique est très faible, et, par conséquent, dans les deux parties de l'enroulement d'excitation; si, au contraire, le courant d'alimentation est alternatif, la résistance inductive ne laisse passer qu'une faible partie de ce courant, de sorte qu'une seule des deux portions de l'enroulement d'excitation se trouve traversée par un courant de quelque intensité. — Dans l'autre dispositif, l'enroulement d'excitation est tout entier shunté par une résistance non-inductive et une résistance inductive et la prise de courant se fait en un point convenable choisi de cette dernière; la figure de droite indique l'application de ce dispositif à deux moteurs fonctionnant en parallèle.

Contrôleur pour moteurs alimentés successivement par courant continu et par courant alternatif. British Thomson-Houston C°, Londres (Brevet anglais 18201, 1904). — L'enroulement d'excitation est partagé en un certain



nombre de sections que l'on connecte en série si le moteur est alimenté par courant continu et en quantité dans le cas où il est alimenté par courant alternatif. (Marks and Clerk.)

BREVETS RÉCENTS.

Divers : Beaumont et Still. BP. 7614, 1904 (voitures électriques). — Cantono. USAP. 791180, 11 août 1902 (moteur électrique pour automobile). — Corey. USAP. 786008, 13 août 1904 (contrôleur pour compresseur d'air). — Cutler. USAP. 786420, 22 août 1901 (accélérateur électrique de vitesse). — Nilson. USAP. 786376, 15 mai 1902 (voiture pétroléo-électrique). — Pfaffenbach. USAP. 787856, 29 oct. 1904 (aiguillage pour chemin de fer suspendu). — Snyder et Barker. USAP. 786688, 25 avril 1904 (aiguillage automatique pour tramway) — Thompson. USAP. 788563, 1er juill. 1902 (fermeture automatique d'un circuit électrique commandant un signal).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Dispositif de télégraphie sans fil, GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE, Berlin (Brevet anglais 18538, 1904). — Un condensateur est monté en dérivation sur le détecteur, sa capacité étant au moins le double de celle de ce dernier, et la résistance ohmique de la self-induction est réduite autant que possible. Dans ces conditions on augmente l'intensité du courant dans le circuit du détecteur et l'on obtient une bonne syntonisation quand le couplage « lâche » est employé. (MARKS AND CLERK.)

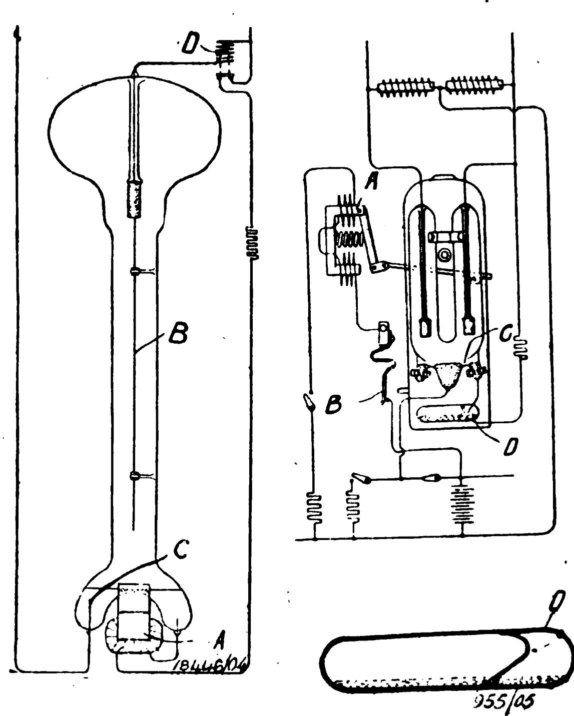
Appareil de télémécanique sans fil de ligne, par E. BRANLY (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1676, 26 juin). — Dans une Note précédente, analysée ici (t. III, p. 213, 15 avril 1905), l'auteur décrivait un dispositif permettant de commander, à distance, le fonctionnement de trois appareils dans un ordre absolument quelconque. Rappelons que l'organe essentiel de ce dispositif est un *distributeur* tournant qui à chaque tour ferme successivement trois circuits renfermant une pile, un cohéreur et un relais, relais commandant lui-même le fonctionnement d'un des trois appareils; si donc des ondes électriques viennent influencer le cohéreur à un instant où le distributeur ferme le circuit n° 1, l'appareil commandé par le relais correspondant se mettra en marche. Mais il faut que les ondes soient reçues à un instant convenable pour qu'une opération déterminée se produise; dans ce but, l'employé chargé d'envoyer ces ondes est constamment averti de la position qu'occupe le distributeur, par un dispositif de signaux sans fil, qui a été également décrit antérieurement.

Dans sa nouvelle Note, M. Branly signale qu'il a remplacé le mouvement d'horlogerie actionnant le moteur par un petit moteur électrique avec engrenages réduisant la vitesse angulaire du distributeur à 1 t : m. Mais la mise en marche et l'arrêt de ce moteur doivent être commandés à distance de la station transmettrice. Pour cela les connexions sont telles que le premier train d'ondes hertziennes envoyé de cette station produit la mise en marche du moteur. Quand cette mise en marche est effectuée, la station transmettrice met en fonctionnement les divers appareils comme dans l'ancien dispositif. Quant à l'arrêt du moteur, il est commandé, comme les autres opérations, par le distributeur lui même et cet arrêt n'empêche nullement la continuation du fonctionnement des autres appareils mis précédemment en mouvement. Comme des ondes étrangères pourraient remettre en marche le moteur intempestivement, et alors pourraient modifier le fonctionnement des autres appareils, cette remise en marche est signalée immédiatement à l'employé du poste transmetteur par une sonnerie actionnée par signaux sans fil et cet employé est dès lors en mesure de suivre les indications de la bande à dépêches et de réparer, s'il y a lieu, les perturbations produites par les étincelles étrangères. (On peut, d'ailleurs, par un mécanisme spécial, que M. Branly ne fait que signaler, et qui n'a pas encore été essayé, empêcher toute mise en marche fortuite du moteur sous l'action de ces étincelles.)

M. Branly a fait l'essai de ces nouveaux dispositifs. A un certain moment le moteur était mis en marche et les appareils commandés par le distributeur étaient mis en mouvement. Ces opérations, qui ne demandent que quelques minutes, étant effectuées, le moteur était arrêté. Quatre minutes plus tard, le moteur était remis en marche et, en suivant les indications transmises sans fil à la station de départ, on reconnut que les appareils, mis en mouvement quatre heures auparavant, continuaient à fonctionner régulièrement. Le moteur fut alors arrêté. Quatre heures plus tard on s'assura, de la même manière, du bon fonctionnement des appareils, puis on arrêta ceux-ci et enfin le moteur.

ÉCLAIRAGE.

Dispositifs d'allumage de lampes à vapeur de mercure, GENERAL ELECTRIC Co, New-York (Brevets anglais 18146, 1904). — **Idem,** S. FERGUSON, New-York (Brevets anglais 955, 1905). — Dans le dispositif de la General Electric Co, la partie cathodique C, ayant la forme d'un U renversé, est placée entre les pôles d'un électro-aimant en fer à cheval A. Quand on lance le courant dans la lampe celui-ci



traverse d'abord le circuit constitué par l'électro-aimant A et le mercure C; sous l'action du champ de l'électro-aimant ce mercure, traversé par un courant, est déplacé et une interruption se produit au sommet de la courbure de l'U renversé, un arc s'amorce, la cathode se « désintègre » et l'arc principal finit par jaillir entre C et le cylindre de fer anodique que prolonge une baguette de charbon B. Quand cet arc est suffisamment long, l'électro-aimant D rompt le circuit d'amorçage. — Dans le dispositif Ferguson l'amorçage est obtenu en faisant basculer le tube au moyen d'un électro-aimant A : un arc éclate en C et « désintègre » la cathode; quand l'arc principal est amorcé, le courant d'amorçage est rompu par le mercure du tube D qui bascule en même temps que la lampe et dont le contenu passe peu à peu dans la partie gauche de ce tube. Ce dispositif est plus particulièrement applicable aux appareils à mercure destinés au redressement des courants alternatifs pour la charge d'une batterie et c'est à un redresseur de ce genre que s'applique la figure. (MARKS AND CLARK.)

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. BP. 13862, 1904. — BECK. BP. 16212, 1904 et DRP. 162416, 8 nov. 1903 (extinction automatique des lampes à arc). — BENNETT. USAP. 790551, 26 sept. 1903. — BROCKIE. BP. 16241, 1904. — CARBONE. BP. 3280, 1905. — CROMPTON et Cie. BP. 15034, 1904.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Le four électrique en métallurgie, par ROBERT PITAVAL (Communication faite au Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Liège, 25 juin-1er juillet).

Afin de montrer l'importance acquise récemment par le four électrique en métallurgie, ou plutôt en sidérurgie, l'auteur commence par citer les conclusions du rapport de M. F.-W. Harbord, métallurgiste anglais et membre de la mission envoyée en Europe par le gouvernement canadien en vue de l'étude des applications du four électrique à la métallurgie. Il indique ensuite brièvement les différentes usines qui utilisent industriellement le four électrique et insiste tout particulièrement sur les aciéries Holtzer où l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du four est produite en utilisant les gaz des hauts fourneaux.

Dans une troisième Partie, M. Pitaval envisage plus spécialement la fabrication des aciers et fait ressortir les avantages que présente l'affinage électrothermique sur l'affinage ordinaire au four Martin.

L'intérêt de cette Communication résidant moins dans les détails techniques que dans les vues d'ensemble qui y sont données, une analyse trop brève ne pourrait avoir cet intérêt; aussi préférons-nous reproduire ci-dessous quelques extraits des divers points successivement envisagés par M. Pitaval.

« I. CONCLUSIONS DU RAPPORT DE F.-W. HARBORD. — Les résultats de mes recherches métallurgiques de la production électrique de l'acier et de la fonte en gueuses se traduisent par les conclusions suivantes :

» 1° De l'acier, égal à tous points de vue au meilleur acier au creuset de Sheffield, peut être obtenu soit par le procédé Kjellin, soit par le procédé Héroult ou Keller à un prix considérablement moins élevé que celui de la fabrication de l'acier au creuset de très bonne qualité;

» 2° Il n'est pas possible actuellement de fabriquer économiquement au four électrique de l'acier pour constructions pouvant concurrencer l'acier Bessemer ou Siemens; les fours électriques ne peuvent être employés commercialement que pour la fabrication d'aciers d'excellente qualité destinés à des emplois spéciaux;

» 3° D'une manière générale, les réactions qui se produisent dans le four électrique en ce qui concerne la réduction et la combinaison du fer avec le silicium, le soufre, le phosphore et le manganèse sont analogues à celles qui ont lieu dans le haut fourneau. En variant la constitution de la charge et en réglant la température par le courant il est possible d'obtenir n'importe quelle qualité de fontes grises ou blanches et le passage d'une qualité à l'autre est effectué plus rapidement que dans le haut fourneau;

» 4° On peut obtenir au four électrique de la fonte grise convenant à tous les points de vue pour la fabrication acide de l'acier, soit par le procédé Bessemer, soit par le procédé Siemens;

» 5° On peut facilement fabriquer de la fonte grise pour la fonderie;

» 6° Sous réserve que le mélange de minerais contienne de l'oxyde de manganèse et que le laitier soit maintenu à l'état basique au moyen d'une addition convenable de chaux, il est possible de fabriquer de la fonte à faible teneur en silicium et en soufre convenant pour les procédés basiques Bessemer et Siemens;

» 7° Cela n'a pas été démontré expérimentalement; mais, d'après les considérations générales, il y a tout lieu de croire qu'il est possible de fabriquer de la fonte à faible teneur en silicium et en soufre, même en l'absence de l'oxyde de manganèse dans le mélange de minerai pourvu que le laitier soit maintenu à l'état fluide et basique;

» 8° Il n'est possible de fabriquer commercialement de la fonte à un prix pouvant concurrencer le même produit du haut fourneau qu'à la condition que l'électricité soit très bon marché et le combustible très cher. D'après la base sur laquelle a été établi ce rapport, lorsque l'électricité coûte 50fr par cheval-an et le coke 35fr la tonne, le coût de production est à peu près le même que dans le cas du haut fourneau moderne;

» 9° Dans des conditions ordinaires, là où les hauts fourneaux constituent une industrie établie, le procédé électrique ne peut pas soutenir la concurrence; mais dans les cas spéciaux, lorsque l'on dispose d'une force hydraulique largement suffisante et qu'il n'est pas facile d'obtenir du coke de haut-fourneau, le procédé électrique peut donner de bons résultats au point de vue commercial.

» Il est impossible de définir exactement les conditions dans lesquelles le procédé électrique peut être employé avec succès. Chaque cas doit être considéré indépendamment de tout autre en tenant grand compte des conditions locales, et ce n'est que lorsque celles-ci sont parfaitement connues qu'il est possible de donner définitivement une opinion sur les possibilités commerciales d'un projet.

» II. LES USINES ÉLECTRO-SIDÉRURGIQUES. — Les procédés Kjellin, Héroult, Keller, Stassano, Girod, Gin, etc., sont tous connus aujourd'hui, je ne les décrirai pas et me contenterai d'indiquer que la fabrication électrique de l'acier se poursuit d'une façon courante depuis trois ans à la Praz, en Savoie et à Kortfors, en Suède, par les procédés Froges-Héroult; que l'on érige actuellement, près de Saint-Michel-de-Maurienne, une puissante usine hydro-électrique de 18000 chevaux qui viendra doubler la production d'aluminium et d'acier de celle de la Praz; que l'usine de Gysinge Bruk applique à Gysinge, en Suède, les procédés Kjellin et la fonderie royale de Turin ceux de M. Stassano; que M. Girod à Ugine (France), Courtepin (Suisse), Grub-Isle (Allemagne) est en mesure de fabriquer un excellent acier au creuset; que M. Gin applique son procédé à l'usine de la Deutsche Elektrische Stahlwerke, à Plattenberg (Wesphalie); que MM. Keller et Leleu se livrent à Livet (France) à des expériences véritablement industrielles qui ont parfaitement réussi, puisqu'on élève actuellement à Unieux (Loire), aux aciéries Holtzer, un four électrique Keller de 1000 chevaux.

» Cette dernière installation est un fait nouveau intéressant qui sera sans doute le départ d'une nouvelle étape de l'industrie électrométallurgique. Jusqu'ici, en effet, cette industrie s'était cantonnée dans quelques rares usines hydroélectriques utilisant l'énergie des torrents.

» Les habitants des pays montagneux, généralement pauvres et déshérités, virent avec joie s'installer des usines qui donnaient du travail et de l'activité à leur contrée. Certaines exploitations minières situées à de hautes altitudes suivirent et suivent encore attentivement les progrès d'une méthode qui peut leur apporter un atout inespéré dans la lutte industrielle.

» Mais, si les applications de l'électro-chimie ne peuvent guère se réaliser pratiquement qu'à l'aide de l'énergie hydraulique des torrents, qui est captée à bon compte, ce ne peut être une loi générale, il existe en Angleterre une usine à carbure et en Allemagne une fabrique de ferro-



chrome qui utilisent avantageusement l'énergie électrique obtenue à l'aide de dynamos et machines à vapeur. Cette exception semble particulièrement indiquée pour cette application spéciale du four électrique à la métallurgie du fer et de l'acier. Autrement dit, et il y a quatre ans déjà que nous formulons cette opinion, nous croyons que le véritable avenir du four électrique est, non pas au pied des glaciers, mais au pied des hauts fourneaux, ces immenses réservoirs d'énergie le plus souvent inutilisée et qui permettent d'avoir le kilowatt-heure à 2 centimes, c'est-à-dire au double seulement du prix du kilowatt-heure obtenu par utilisation de l'énergie hydraulique.

» Avec l'exemple du four électrique de l'usine Holtzer, nous allons encore plus loin. Sans nous inquiéter du haut fourneau et du gazogène, nous entrons dans l'aciérie proprement dite et nous y voyons que, même avec l'énergie produite par la combustion du charbon qui donne le kilowatt-heure à 5 et 6 centimes, le four électrique peut encore être avantageusement employé. Est-il nécessaire enfin de signaler les quantités énormes de chaleur perdues dans les différents appareils métallurgiques qui pourraient être récupérées en vue de la création économique de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un four électrique.

» III. LE FOUR ÉLECTRIQUE; SES AVANTAGES. — Tous les procédés ont visé d'abord la fabrication des aciers au carbone, les plus faciles à obtenir économiquement, puis ensuite, celle des aciers fins, des aciers spéciaux. On opéra dans de petits appareils ne permettant que des coulées de 50^{kg} à 100^{kg}. Aujourd'hui, les fours de 300 à 400 chevaux permettent des coulées de 1 et 2 tonnes et, avec les mélangeurs du type Froges-Héroult ou des fours Keller de 1000 chevaux comme celui d'Unieux, on envisage parfaitement la possibilité d'arriver à pouvoir couler les gros tonnages en aciers mi-fins tels que ceux nécessaires à la fabrication des plaques de blindage ou des canons.

» En attendant de voir se réaliser la grande aciérie électrique de l'avenir, voyons quels sont les appareils pratiques mis actuellement à la disposition de la métallurgie.

» A la Praz, le four employé est un appareil de 400 chevaux composé d'une cuve oscillante surmontée de deux électrodes en série, dans laquelle on charge 2500^{kg} de riblons et qui permet d'obtenir 7 tonnes d'acier par 24 heures avec une dépense de 800 kilowatts par tonne.

» A la Manufacture royale de Turin, M. Stassano a construit un type de four à arcs à sole tournante de 200 chevaux dans lequel on charge des riblons et du minerai permettant la coulée de 2 tonnes d'acier par 24 heures.

» A l'usine de Livet, le four Keller est constitué par une cuve surmontée de deux électrodes en série traversant des voûtes réfractaires et pouvant couler 6000^{kg} à 8000^{kg} d'acier par 24 heures, par coulée de 2500^{kg} environ.

» A Gysinge, M. Kjellin travaillant avec un four à induction de 175 kilowatts maximum obtient 5200^{kg} à 5500^{kg} d'acier en lingots par 24 heures. Quand on charge avec de la fonte et des riblons, chaque coulée est d'environ 850^{kg} et le contenu total du four 1450^{kg}; quand on travaille avec de la fonte et du minerai en briquettes, la production est diminuée à cause de la réduction du minerai.

» A Ugine, en Savoie, M. Girod utilise un four électrique à résistance de 30 creusets pouvant contenir chacun entre 25^{kg} à 50^{kg} d'acier. Avec un four de 600 à 800 kilowatts, il peut produire par jour de 8000^{kg} à 12000^{kg} d'acier fin avec une consommation de 1000 à 1200 kilowatts par tonne.

» A part la Société électro-métallurgique française, qui a créé de toutes pièces deux aciéries électriques, l'une à la Praz, l'autre à Kortfors, et l'usine de Gysinge, la plupart des électro-métallurgistes qui sont arrivés à mettre sur pied des appareils véritablement pratiques préfèrent appliquer leurs procédés dans les usines métallurgiques proprement dites. C'est ainsi que l'usine de Courtepin, où existe cependant tout le matériel nécessaire pour la fusion de l'acier et la forge, utilise ses 4000 chevaux à la fabrication des alliages.

» Il n'est pas douteux que c'est dans cette voie surtout que les progrès de l'industrie électro-métallurgique seront les plus rapides.

» L'usine métallurgique, avec ses installations et appareils déjà existants, permettra l'édification des fours électriques avec un minimum de frais de première installation et les produits obtenus bénéficieront d'un minimum de prix de revient des matières premières qui peuvent, du reste, être utilisées fluides et fondues.

» Quel que soit le procédé considéré et quelle que soit la matière employée, on trouve dans l'usine métallurgique ordinaire tout l'outillage nécessaire à l'affinage électrique et il suffit d'introduire dans ces établissements, avec le courant électrique, quelques paires d'électrodes pour transformer l'usine la plus ancienne et la plus routinière en une aciérie électrique moderne.

» La main-d'œuvre même n'a pas besoin d'être modifiée. Un apprentissage de quelques jours suffit pour l'appliquer au procédé nouveau. La fabrication de l'acier au four électrique ne diffère pas sensiblement, en effet, de la méthode ordinaire au creuset ou au Martin, la différence réside surtout dans la qualité des produits obtenus.

» On a vu que la Loire était entrée dans cette voie à Unieux, l'exemple de cette usine sera suivi par d'autres; quelques projets sont actuellement à l'étude et ils visent la fabrication beaucoup plus puissante d'une catégorie d'aciers mi-fins à forts tonnages.

» Les inconvénients que présentèrent au début les procédés électro-sidérurgiques furent principalement la faible capacité des fours électriques et, comme conséquence, le champ limité des applications et le prix de revient élevé des produits obtenus.

» Ce fut d'abord un petit creuset, comme celui de Moissan, ne pouvant contenir que quelques kilogrammes de matières; puis il fut analogue à celui des métallurgistes et, grandissant bien vite, devint à la Praz, Livet, Gysinge ou Turin un four de 200 chevaux, produisant 1 à 2 tonnes d'acier par jour. Aujourd'hui, on a réalisé le four de 2 à 3 tonnes, permettant des coulées de 6 à 8 tonnes d'acier par jour, ce qui lui donne une supériorité énorme sur le four à creuset ordinaire de nos fabricants d'aciers fins.

» Même si l'on considère la simple opération de fusion de l'acier avec le four électrique, type Girod par exemple, dans lequel on utilise, comme dans la métallurgie ordinaire, les petits creusets de 50^{kg}, et en les plaçant en grand nombre dans le même appareil à résistance, on trouve de grands avantages à la substitution de l'électricité au charbon comme source d'énergie thermique.

» Ces avantages peuvent se résumer ainsi : dépense faible si l'on a la force à bon marché, manutention extrêmement facile, rayonnement insignifiant, opération à l'abri de tous gaz oxydants ou réducteurs, température pouvant se régler à quelques degrés, ce qui permet d'empêcher la volatilisation et de couler à la température voulue.

» Au point de vue de la production, un tel four de 800 à 1000 kilowatts peut donner 8000^{kg} à 10000^{kg} d'acier ordinaire par jour.

» Mais, si l'on va plus loin et que l'on poursuive la comparaison entre le four électrique d'affinage Froges-Héroult ou le four de 1000 kilowatts en construction à Unieux aux Aciéries Holtzer, qui coulera 7000^{kg} à 8000^{kg} à la fois, et le four Martin moderne, on se rend compte rapidement des avantages que présente l'affinage électro-thermique sur l'affinage ordinaire.

» D'abord la température de 2000° au moins que l'on obtient au four électrique, supérieure par conséquent de 800°

à celle du four Martin ordinaire, permet une désoxydation plus complète de l'acier, une désulfuration et une déphosphoration presque parfaites, cette haute température supprimant la crainte de voir le métal se suroxyder et devenir pâteux comme cela se produit lorsqu'on prolonge trop l'affinage au four métallurgique ordinaire.

» La nature spéciale de cette température qui se fait sentir dans la masse même du métal et non pas superficiellement comme dans le Martin permet la suppression presque complète des scories interposées et intimement mélangées au métal.

» Enfin l'atmosphère neutre qui règne à la surface du bain dans le four électrique permet l'emploi de laitiers et de fondants très basiques, impossible avec l'atmosphère oxydante des produits du gazogène Siemens dans le Martin ordinaire, ce qui facilite la réalisation, à la fin de l'opération de l'affinage, d'un laitier avec lequel les derniers vestiges de phosphore sont éliminés.

» On peut donc obtenir, en employant des matières premières bon marché, des produits aussi fins que les aciers au creuset qui exigent l'emploi exclusif d'aciers cémentés fabriqués au moyen des fers de Suède, c'est-à-dire de matières premières d'un prix très élevé.

» Le Martin électrique présente donc les avantages du creuset ordinaire avec, en plus, celui de pouvoir travailler 3000^{kg} à 3000^{kg} de métal au lieu de 30^{kg} à 50^{kg}. Il permet, en outre, la suppression du four de cémentation, c'est-à-dire l'obtention d'aciers spéciaux à des conditions excellentes de prix de revient, l'économie étant d'au moins 50 pour 100 sur le prix des matières premières.

» Si nous considérons l'application du four électrique à la fabrication des aciers mi-fins pour la marine et pour la guerre, des tubes de canon par exemple, qui exigent des lingots de plusieurs tonnes, on peut la réaliser, soit avec le four à résistance type Girod de 120 creusets, soit avec les fours Héroult à deux électrodes en séries et mélangeur, par la méthode adoptée à Unieux, qui consiste à installer un four Keller à 4 électrodes favorisant l'emploi de grandes puissances, conjugué avec un Martin.

» Nous ne considérerons pas la substitution du four électrique au Bessemer, celui-ci est un appareil bien trop commode quand on opère sur les grandes masses ordinaires, mais l'électricité vient encore ici jouer son rôle, car, dans l'avenir, le métal Bessemer, impur et de qualité inférieure, se discréditera certainement s'il ne subit pas un court passage dans un four électrique. Il suffira, en effet, d'une dépense de quelques kilowatts par tonne pour achever la déphosphoration et la désoxydation du bain. Cette seule opération augmentera d'une façon certaine la valeur marchande du métal Bessemer.

» IV. CONCLUSIONS. — En résumé, quel que soit le procédé de fabrication de l'acier considéré, on voit que déjà avec les seules connaissances que l'on possède sur l'utilité du four électrique — et nous estimons que ces connaissances sont encore imparfaites, — on voit que cet appareil est appelé à jouer un rôle prépondérant dans l'aciérie de l'avenir.

» On se le figure très bien, supprimant le four à cémentation, allant de pair avec le four à creuset, remplaçant le Martin et venant heureusement compléter le Bessemer, en permettant dans tous les cas, comme appareil annexe, d'obtenir un métal homogène plus pur et pouvant être coulé très fluide.

» On a pu, au début, considérer le four électrique comme un appareil destiné à économiser nos réserves de combustibles minéraux et on l'a étudié surtout en vue de ses applications dans les contrées dépourvues de charbon. Aujourd'hui la question se pose autrement et les métallurgistes les plus opposés à cet appareil moderne reconnaissent que, même avec l'énergie électrique obtenue à l'aide des gaz ou de la vapeur, il permet la fabrication des aciers fins à meilleur compte que le procédé au creuset.

» Or, l'avenir de ces aciers est très grand avec les progrès de l'industrie. On l'a bien vu ces dernières années où leur emploi a considérablement augmenté par suite notamment de leurs applications dans la construction automobile.

» On est frappé, en effet, en parcourant les expositions de l'automobile, notamment celle de Liège, de la quantité et de la variété infinies d'aciers que nécessitent toutes les pièces de l'automobile. Les métallurgistes, et particulièrement les métallurgistes français ont trouvé là un débouché inespéré de produits fins d'un prix élevé dont la consommation était forcement limitée jusqu'ici.

» Au meeting de mai dernier, de l'*Iron and Steel Institute*, M. Walter Brown, dans son rapport, insistait, très judicieusement à notre avis, sur l'avenir réservé à la fabrication électrique de l'acier. Il reprochait cependant aux électrométallurgistes de penser que tous les aciers sont impurs et de qualité inférieure. Non, tous les aciers ne sont pas impurs, mais il y en a beaucoup et personne ne niera que le four électrique, considéré comme appareil accessoire et employé à la fin des opérations habituelles d'affinage, ne permette de relever la qualité de tous les aciers, même les plus ordinaires.

» L'acier a tué le fer ordinaire, mais le four électrique tuera l'acier. »

Procédé Eybert pour la production électrolytique des hydrates métalliques. (Brevet français 348291; *L'Industrie électrochimique*, t. IX, p. 56, juillet 1905.) — Le minerai contenant le métal soit à l'état natif, soit à l'état d'oxyde est broyé puis mélangé avec une solution électrolytique appropriée de manière à former une pâte. Cette pâte est mise dans des récipients perforés que l'on place parallèlement les uns aux autres dans un bac à électrolyse entre une anode et une cathode. Après électrolyse on recueille séparément la liqueur anodique et la liqueur cathodique; on purifie séparément ces deux liqueurs puis on les mélange : on obtient alors un précipité d'oxyde hydraté en même temps que la solution électrolytique se trouve régénérée. Dans le cas où le minerai contient le métal dont on veut l'hydrate sous forme autre que l'oxyde, on doit commencer par transformer en oxyde le composé métallique que renferme ce minerai. — A titre d'exemple, l'inventeur indique le traitement d'un minerai de zinc : ce minerai est converti en oxyde et la poudre résultant de son broyage est mélangée avec du sulfate de sodium; l'électrolyse de la pâte donne, comme liqueur anodique, du sulfate de zinc et comme liqueur cathodique du zincate de sodium; après leur purification ces deux liqueurs donnent, par mélange, de l'oxyde de zinc hydraté et du sulfate de sodium, lequel est de nouveau utilisé. — La nature de la solution électrolytique doit, comme il a été dit, être appropriée à la nature du métal. Pour le minerai d'étain, on emploiera le chlorure de sodium; pour le minerai de cuivre, le sulfate d'ammonium; pour le minerai de plomb, l'azotate de sodium; pour ceux de chrome, de manganèse, de zinc, etc., le sulfate de sodium; enfin pour les minerais des métaux supérieurs, un mélange de chlorure et d'azotate de sodium.

Procédé Hoops pour la fabrication électrolytique du gaz ammoniacal. (Brevet américain 791194, 30 mai 1905.) — Une cuve électrolytique est divisée en deux compartiments contenant respectivement une anode en carbone et une cathode en fer; dans le premier se trouve une solution de chlorure de sodium et dans le second du sulfate d'ammonium; le tout est chauffé à 100° C. Par l'électrolyse il se dégage, à l'anode, du chlore et, à la cathode, un mélange de gaz ammoniac et d'hydrogène; ce dernier peut être séparé et combiné au chlore pour produire de l'acide chlorhydrique.



DIVERS.

Sur la déviation d'un ellipsoïde diélectrique placé dissymétriquement dans un champ uniforme. Application à la mesure du pouvoir inducteur spécifique de l'eau, par F. BEAULARD, professeur à l'Université de Montpellier. (Communication faite au Congrès de Cherbourg de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1905.)

I. Préliminaires. — On sait que dans la théorie de Mossotti sur les diélectriques, calquée sur la théorie du magnétisme établie par Poisson, un diélectrique est considéré comme formé de particules sphériques égales, de conductibilité parfaite, disséminées dans un milieu isolant parfait. Une portion du diélectrique prise sous la forme d'une sphère de rayon a renferme un grand nombre de sphères conductrices de rayon a_1; chaque sphère conductrice s'électrise par influence et prend deux couches électriques superficielles $+\mu$ et $-\mu$, de somme algébrique nulle; et si l'on suppose ces couches condensées en deux points convenablement choisis, on a un véritable aimant diélectrique équivalent à chaque sphère : on dit que le diélectrique est polarisé.

La direction de cette polarisation est celle du champ électrostatique à l'endroit occupé par la particule considérée. Quand le champ extérieur est uniforme, cette direction est la même pour toutes les particules, si toutefois on néglige, comme le fait Poisson, l'action réciproque des particules conductrices, et alors un diélectrique de forme quelconque placé dans un tel champ doit se trouver en équilibre quelle que soit la position qu'on lui donne.

Or, il résulte d'expériences faites par L. Graetz et L. Fömm, il y a une dizaine d'années (*Wied. Ann.*, t. LIII et LIV, 1894 et 1895), qu'un diélectrique ayant la forme d'un barreau, d'un disque ou d'un ellipsoïde, placé dans un champ uniforme, mais dissymétriquement par rapport aux lignes de force, subit un mouvement de rotation qui tend à disposer dans la direction du champ la plus grande dimension du corps. Les sphères conductrices noyées dans l'isolant, que suppose exister la théorie Poisson-Mossotti, ne sont donc pas à des distances tellement grandes, par rapport à leurs dimensions, qu'elles ne puissent réagir les unes sur les autres.

Mais, fort heureusement, l'hypothèse particulière de la non-réaction des particules polarisées n'est pas absolument indispensable à l'explication des propriétés générales des diélectriques. Lord Kelvin l'a montré et a donné une théorie qui permet de calculer la déviation qu'éprouve un ellipsoïde placé dans une position quelconque dans un champ uniforme.

Ce calcul, reproduit plus loin (*voir* § IV), conduit à une formule contenant la susceptibilité diélectrique $\varkappa$ et qui permet, par suite, de calculer le pouvoir inducteur spécifique K par la relation

$$K = 1 + 4\pi\varkappa.$$

Cette méthode de détermination de K a été employée par Graetz et Fömm (*Wied. Ann.*, t. LIII, p. 85, 1894) et par Lombardi (*Il nuovo Cimento*, 4e série, t. II, p. 360, 1895) en prenant des baguettes ou des disques, puis par R. Fellinger (*Drude's Ann.*, t. VII, p. 333, 1902), pour déterminer les constantes diélectriques des cristaux, taillés en plaques convenablement orientées. C'est également cette méthode que M. Beaulard a utilisée pour la détermination du pouvoir inducteur spécifique de l'eau.

II. Dispositif expérimental. — 1° En vue d'éliminer toute cause d'erreur provenant des charges libres que peut posséder le diélectrique avant son introduction dans le champ, M. Beaulard a employé un champ alternatif de grande fréquence. Le moment du couple dû à l'action des plateaux du condensateur sur ces charges libres est proportionnel au champ et, par suite, à la différence de potentiel V établie entre ces plateaux, tandis que le moment du couple dû à l'action du champ sur les particules polarisées est proportionnel, d'une part au champ, d'autre part à l'intensité de la polarisation, laquelle est elle-même proportionnelle au champ, de sorte que ce couple est proportionnel à V^2. Si donc on change la direction du champ assez rapidement, la déviation moyenne observée ne dépendra plus du terme en V et l'influence perturbatrice des charges libres se trouvera éliminée.

Toutefois, pour avoir une déviation stable, il est évidemment nécessaire que la fréquence des renversements du champ soit plus grande que la fréquence d'oscillation du système suspendu; pour réaliser cette condition, M. Beaulard emploie des oscillations électriques pour charger le condensateur qui produit.

A cet effet, les armatures du condensateur, de capacité électrostatique C′, étaient réunies aux bornes d'une bobine d'induction munies d'un micromètre à étincelles; les fils de jonction, assez longs et parallèles, avaient une self-induction connue L_1. La période d'oscillation étant donnée par $2\pi\sqrt{LC}$, C étant exprimé en unités électromagnétiques, la longueur d'onde $\lambda = vT$ est donnée par $2\pi\sqrt{LCv^2}$ ou $2\pi\sqrt{LC'}$, C′ étant la capacité électrostatique. Dans les expériences faites jusqu'ici par M. Beaulard, $\lambda = 50^m$.

2° Une seconde cause d'erreurs résultait, les mesures se rapportant à des liquides, de la nécessité d'enfermer ceux-ci dans une enveloppe solide, laquelle est soumise à un couple. Pour diminuer

cette cause d'erreur, M. Beaulard prend un récipient, de forme ellipsoïdale, en verre aussi mince que possible. Sous l'action du champ, ce récipient, vide, éprouve une déviation α_1 qui dépasse à peine 1°. A cause de la petitesse de cette déviation, il est permis de prendre pour la déviation α que donnerait le liquide seul, la différence $\alpha_2 - \alpha_1$, α_2 étant la déviation observée avec le récipient plein de liquide.

M. Beaulard fait toutefois observer que l'emploi du verre n'est pas sans inconvénient, à cause de l'hygroscopicité de cette substance et aussi à cause des phénomènes de charge résiduelle. On peut éviter le premier inconvénient en desséchant l'enceinte qui contient le condensateur et le second en donnant à l'expérience une courte durée. Le quartz qui, d'après les travaux de Rowland et de Nichols, ne présente pas d'hystérésis diélectrique, conviendrait mieux; aussi M. Beaulard se propose-t-il de recommencer ses expériences avec un ellipsoïde de quartz.

III. Résultats. — Dans sa Communication, M. Beaulard ne donne que les résultats de ses mesures sur l'eau. Ils conduisent à la valeur 11,04 pour le pouvoir inducteur spécifique de ce liquide.

Ce nombre diffère notablement du nombre 80 ordinairement admis. M. Beaulard pense que l'on trouvera peut-être l'explication de cette divergence, par la considération de la capacité de polarisation, capacité qui n'intervient pas dans ses expériences, mais qui intervient dans celles qui ont conduit au nombre 80.

Dans la discussion qui a suivi l'exposé de cette Communication, M. Langevin fit remarquer qu'une autre explication est également possible : la polarisation diélectrique de l'eau enfermée dans le récipient ne peut être la même que si l'eau était seule; elle est certainement moindre, ce qui tend à diminuer le couple et, par suite, à donner une valeur trop faible pour le pouvoir inducteur.

M. de Kowalski, tout en pensant que le résultat trouvé par M. Beaulard est trop faible, pour des causes qu'il serait difficile de préciser, fit observer que ce résultat n'est cependant pas en contradiction avec ce que nous savons sur les propriétés diélectriques de l'eau. Il résulte, en effet, de recherches de M. Drude, que la courbe de dispersion de l'eau présente un minimum pour les longueurs d'onde de l'ordre de celle utilisée par M. Beaulard. Il pourrait donc y avoir également minimum du pouvoir inducteur pour ces mêmes longueurs d'onde.

IV. Calcul de la déviation. — Dans la théorie des diélectriques de Thomson, il suffit d'admettre qu'une portion quelconque d'un diélectrique est un aimant électrostatique complet défini par la direction de l'axe d'électrisation et par son moment diélectrique; un diélectrique est alors dit *polarisé* quand chaque élément de volume de ce milieu présente des propriétés égales et contraires sur ses deux faces opposées, par rapport à une certaine direction qui est celle de la polarisation. Chaque élément de volume dv infiniment petit, supposé fictivement retiré de l'ensemble sans qu'il en résulte de modification, se présente comme recouvert de deux couches de glissement, c'est-à-dire de deux nappes égales et de signes contraires $+\mu$ et $-\mu$ que l'on peut supposer concentrées en leurs centres de gravité respectifs, distants de dl; le moment diélectrique de l'élément de volume dv, détaché en un point P du diélectrique, est alors $dm = \mu\,dl$. On appelle ***intensité de polarisation au point*** P ou simplement *polarisation*, le moment diélectrique électrostatique par unité de volume, c'est-à-dire

$$j = \frac{dm}{dv} = \frac{\mu\,dl}{dv}.$$

Il faut également admettre avec W. Thomson que la polarisation j dépend seulement de la force électrique qui agit sur l'élément considéré dv et que, au moins en première approximation, le moment diélectrique d'une sphère élémentaire ayant l'axe d'électrisation dans la direction de la force est une grandeur proportionnelle à l'intensité de la force électrique au point considéré, en tenant compte de tous les facteurs qui interviennent pour constituer cette force.

Considérons un corps de surface telle qu'il existe une direction xy satisfaisant à cette condition que la polarisation du corps, suivant cette direction, donne lieu à des couches de glissement, capables de produire un champ extérieur uniforme, c'est-à-dire constant en grandeur et dirigé suivant xy. Imaginons maintenant qu'on place ce corps dans un champ uniforme d'intensité φ; les lignes de force du champ φ traverseront le corps précisément suivant xy et le corps prendra une polarisation uniforme, en grandeur et direction. En effet, en chaque point du corps, la force polarisante résultante est la somme de la force primitive du champ φ orienté suivant xy et du champ polarisant $-Rj$ constant et orienté aussi suivant xy; par suite, la force résultante $\varphi - Rj$ est aussi constante en grandeur et en direction et le champ est resté uniforme (on sait que cela n'a lieu que si la surface du corps est du deuxième degré). L'intensité j de la polarisation est alors

$$j = \varkappa(\varphi - Rj) = \frac{\varkappa}{1 + \varkappa R}\varphi,$$

$\varkappa$ étant le coefficient de susceptibilité de polarisation ou coefficient de Poisson défini par le rapport de la polarisation à l'intensité du champ polarisant. En particulier, pour un ellipsoïde polarisé uniformément dans une direction quelconque, les composantes du champ intérieur dépolarisant parallèlement aux axes de l'ellipsoïde sont de la forme $-Lj$, $-Mj$, $-Nj$, L, M, N étant des constantes qui dépendent de la grandeur des axes et, pour un ellipsoïde donné, sont connues : ce sont les dérivées partielles d'une intégrale elliptique définie.

Soient donc maintenant un champ électrique homogène, produit entre les faces verticales d'un condensateur plan, et un ellipsoïde de révolution suspendu par un bifilaire; les axes Ox et Oy de l'ellipsoïde sont dans le plan horizontal normal aux armatures; Oz est vertical; l'ellipsoïde est de révolution autour de Ox et cet axe fait un angle θ avec la direction des lignes de force; Oy fait alors un angle $\frac{\pi}{2} - \theta$ avec cette même direction. Le champ primitif φ est uniforme; il reste uniforme après l'interposition de l'ellipsoïde et à l'intérieur celui-ci se polarise uniformément. Soient a, b, c les composantes de la polarisation, c'est-à-dire du moment électrostatique par unité de volume et X, Y, Z les

composantes du champ; on a

$$a = \frac{\varkappa}{1 + L\varkappa} X, \qquad b = \frac{\varkappa}{1 + M\varkappa} Y, \qquad c = \frac{\varkappa}{1 + N\varkappa} Z.$$

On a aussi

$$X = \varphi \cos\theta, \qquad Y = \varphi \sin\theta, \qquad Z = 0;$$

d'où

$$a = \frac{\varkappa\varphi\cos\theta}{1 + L\varkappa}, \qquad b = \frac{\varkappa\varphi\sin\theta}{1 + M\varkappa}, \qquad c = 0,$$

et pour le volume total v de l'ellipsoïde, les composantes du moment électrostatique sont

$$a' = \frac{\varkappa\varphi v\cos\theta}{1 + L\varkappa}, \qquad b' = \frac{\varkappa\varphi v\sin\theta}{1 + M\varkappa}, \qquad c' = 0.$$

Le moment de rotation de l'ellipsoïde autour de Oz est

$$M = Xb' - Ya' = \varphi\cos\theta \frac{\varkappa\varphi v\sin\theta}{1 + M\varkappa} - \varphi\sin\theta \frac{\varkappa\varphi v\cos\theta}{1 + L\varkappa}$$
$$= \frac{1}{2}\varkappa\varphi^2 v \sin 2\theta \frac{(L - M)\varkappa}{(1 + M\varkappa)(1 + L\varkappa)}.$$

Le moment du couple de la suspension bifilaire est $\tau\alpha$, τ étant la constante de la suspension et α l'angle de déviation. Quand il y a équilibre, l'angle de Ox avec les lignes de force est alors $\theta - \alpha$ et l'on a

$$\tau\alpha = \frac{\varkappa^2\varphi^2 v(L - M)\sin 2(\theta - \alpha)}{(1 + M\varkappa)(1 + L\varkappa)}.$$

Dans les expériences de M. Beaulard, le demi grand axe de l'ellipsoïde était de 2^{cm} et le demi petit axe de $1^{cm},5$: l'excentricité e était donc

$$e = \sqrt{1 - \frac{2 \times 2}{1,5 \times 1,5}} = 0,8511.$$

On en déduisait

$$L = 2\pi\left(\frac{1}{e^2} - \frac{1 - e^2}{2e^3} \operatorname{Log}_{\text{nép.}} \frac{1 + e}{1 - e}\right) = 5,133,$$
$$M = N = 4\pi\left(\frac{1}{e^2} - 1\right)\left(\frac{1}{2e} \operatorname{Log}_{\text{nép.}} \frac{1 + e}{1 - e} - 1\right) = 2,292.$$

J. B.

Action des champs magnétiques sur les sources de lumière peu intenses, par C. GUTTON, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Nancy (Communication faite au Congrès de Cherbourg de l'Association française pour l'avancement des sciences, août 1905).

Dans cette Communication l'auteur décrit de nombreuses expériences qui lui ont montré qu'un champ magnétique variable dans l'espace ou dans le temps dans la région où est placée une source lumineuse de faible intensité augmente l'éclat de cette source.

Comme source l'auteur prend le plus souvent une tache de sulfure de zinc phosphorescent faite sur un écran noir; mais on peut employer toute autre source lumineuse pourvu que son éclat soit faible : un morceau de papier ou de verre dépoli éclairé par une petite flamme de gaz. Il faut toutefois que la lumière émise soit blanche ou, de préférence, bleue; les sources de couleur rouge sont insensibles.

Pour produire le champ magnétique l'auteur prend des aimants, des solénoïdes, des électro-aimants, des oscillations hertziennes, et parfois simplement un fil rectiligne traversé par un courant. De la réussite de l'expérience avec ce dernier dispositif il faut conclure que le phénomène étudié peut se manifester dans un champ très faible.

Mais il faut que ce champ soit, comme nous le disions en commençant, variable dans l'espace ou dans le temps. Un champ uniforme et constant ne donne rien. Dans le cas où le champ est variable dans le temps, le phénomène de l'augmentation d'éclat de la source est attribué par l'auteur à la création de forces électromotrices d'induction au sein de la source. Dans le cas où le champ, constant dans le temps, n'est pas uniforme dans le voisinage immédiat de la source, l'auteur attribue son action aux forces mécaniques de déformation qui prennent naissance dans toute substance magnétique ou diamagnétique soumise à un tel champ. A l'appui de cette explication l'auteur rappelle que M. Blondlot a montré que l'éclat des sources lumineuses peu intenses augmente quand on en approche des corps comprimés.

Le phénomène étudié par M. Grutton touche donc de près aux rayons N. Peut-être pour cette raison, et à cause des polémiques qu'ont soulevées les rayons N, M. Langevin, dans la discussion qui a suivi la présentation du Mémoire de M. Gutton, exprimait le regret que celui-ci n'ait pas indiqué les précautions prises pour se mettre à l'abri des causes d'erreur et pour assurer le contrôle des résultats.

Mais nous n'avons pas à discuter ici l'existence réelle du phénomène observé par M. Gutton, pas plus d'ailleurs que l'existence des rayons N. Nous devons mettre sous les yeux de nos lecteurs la description des faits relatés par M. Gutton; c'est ce que nous avons essayé de faire ci-dessous en donnant à cette description une étendue presque aussi grande que celle qu'elle occupe dans le Mémoire original :

1° En déplaçant lentement un écran parsemé de taches phosphorescentes le long d'un barreau aimanté, on constate que l'éclat de la phosphorescence augmente lorsqu'on s'approche des pôles et est minimum au milieu du barreau. Pour éliminer l'effet des rayons N émis par l'acier, on recouvre le barreau d'une épaisse feuille de plomb.

2° Une bobine régulièrement enroulée porte 1050 tours de fil; elle a $63^{cm},7$ de longueur et 13^{cm} de diamètre. L'écran phosphorescent étant placé près d'une extrémité de la bobine, l'éclat de la phosphorescence augmente lorsque le courant passe; mais, si l'on place l'écran au milieu de la bobine, l'éclat n'est pas modifié par le passage du courant, quoique le champ agissant soit alors plus intense que dans le premier cas. Ces expériences réussissent aussi bien en employant comme source de lumière un verre dépoli éclairé par une très petite flamme bleue de gaz d'éclairage. Elles montrent

qu'un champ non uniforme est nécessaire pour produire une variation de la phosphorescence.

3° Si l'on place l'écran entre les pièces polaires, larges et planes, d'un électro-aimant de Ruhmkorff, l'action du champ, qui est sensiblement uniforme, est très faible; si l'on détruit cette uniformité en approchant de l'écran un fil de fer, l'éclat de la phosphorescence augmente.

4° L'écran est placé à 1cm d'un fil rectiligne parcouru par un courant; du papier noir et du plomb sont intercalés entre l'écran et le fil pour arrêter les rayons N et la chaleur. En faisant passer un courant dans le fil on observe une action : avec le courant d'un élément Daniell dans un circuit de 100000 ohms de résistance l'augmentation de la phosphorescence est encore appréciable. La sensibilité du phénomène est donc énorme et elle permet de déceler l'action magnétique des courants de convection.

5° En regardant dans une chambre presque obscure des morceaux de papier blanc ou des traits de craie on les voit plus nettement lorsqu'on approche de l'œil un pôle d'un aimant : un champ magnétique provoque donc une augmentation de la sensibilité de la vue. Cette observation est à rapprocher d'une autre due à M. Blondlot, et d'une remarque de Lord Kelvin. M. Blondlot a en effet montré que pour observer les rayons N on pouvait, au lieu de les faire tomber sur un corps faiblement lumineux, mettre la source des rayons près de l'œil; on aperçoit alors plus distinctement les objets peu éclairés. D'autre part Lord Kelvin signale (*Conférences scientifiques et allocutions*, traduction Lugol, p. 171) que Lord Lindsay et Cromwell F. Varley n'observèrent aucun effet en plaçant leur tête entre les pôles d'un puissant électro-aimant qu'ils avaient fait construire, et Lord Kelvin s'étonne de ce résultat négatif, convaincu qu'un corps vivant placé dans un champ magnétique doit éprouver un effet perceptible.

6° L'écran phosphorescent étant placé dans une bobine longue, son éclat n'est pas modifié quand un courant constant passe dans la bobine; mais si, à l'aide d'un rhéostat à sulfate de cuivre intercalé dans le circuit, on fait varier périodiquement l'intensité du courant, l'éclat du sulfure devient plus grand et cette augmentation dure tant que l'intensité du courant varie. Un champ uniforme d'intensité variable agit donc sur une source de lumière peu intense. — Lors d'une rupture ou fermeture brusque du courant, l'augmentation d'éclat n'est pas visible : cela tient, pense l'auteur, à ce que la variation d'intensité dure trop peu de temps.

7° Si l'on déplace la bobine perpendiculairement à son axe, l'écran phosphorescent restant immobile, on constate une augmentation de l'éclat; si le déplacement de la bobine a lieu parallèlement à son axe on ne constate pas d'augmentation. Cette expérience et la précédente montrent que l'augmentation de la phosphorescence est liée à une variation du nombre des lignes de force qui traversent la tache phosphorescente.

8° Le déplacement d'un aimant produit également une augmentation de l'éclat.

9° Des trois dernières expériences il était permis de conclure qu'un écran placé dans un champ hertzien doit présenter une augmentation d'éclat : l'expérience a confirmé cette déduction. Les oscillations électriques étaient produites par un petit oscillateur de Blondlot, ayant 2cm de diamètre, noyé dans l'huile de vaseline; elles étaient conduites par deux fils de 9m de long à deux petites antennes disposées suivant la ligne focale d'un miroir de zinc en forme de cylindre parabolique. Ce miroir avait 4cm,8 de distance focale, 40cm d'ouverture et 13cm,5 de hauteur. Le faisceau de rayons de force électrique réfléchi était reçu par un second miroir identique et concentré sur un écran phosphorescent disposé suivant la ligne focale. La distance des foyers des deux miroirs était de 1m. L'oscillateur et les miroirs étaient dans deux chambres séparées; on évitait ainsi l'action pouvant provenir, d'après Macé de Lépinay (*C. R.*, t. CXXXVIII, p. 77, 1904), du bruit de l'étincelle oscillante sur l'écran phosphorescent. Les fils qui conduisent les ondes de l'oscillateur au miroir étaient couverts de gutta et attachés ensemble, de sorte que le champ hertzien produit par ces fils, concentré entre eux, ne pouvait agir sur l'écran phosphorescent. Une machine de Holtz servait à produire les étincelles oscillantes; les armatures internes de deux bouteilles de Leyde de faible capacité étaient reliées aux pôles de la machine et les armatures externes à l'oscillateur; celles-ci étaient réunies par un tube de verre plein d'eau pour leur permettre de se charger. On faisait éclater des étincelles dans l'air, entre deux boules reliées aux armatures internes et la décharge brusque des armatures externes était envoyée à l'oscillateur. M. Gutton n'a pas employé de bobine de Ruhmkorff, car le champ magnétique variable de la bobine agissait sur l'écran malgré la distance qui les séparait. Dès qu'on envoie des ondes aux antennes du miroir transmetteur, le sulfure de calcium placé au foyer du miroir récepteur présente une augmentation d'éclat, laquelle est même plus grande que dans les expériences précédentes. Une feuille de zinc de 1m² interposée entre les miroirs arrête toute action; une feuille de carton est au contraire sans effet. L'expérience de Hertz sur la polarisation réussit parfaitement : un réseau de fils de cuivre tendus parallèlement à 1cm de distance est placé entre les miroirs; en le faisant tourner dans son plan, on voit l'éclat du sulfure phosphorescent devenir minimum quand les fils sont parallèles à la direction de la force électrique et maximum quand ils sont perpendiculaires; l'orientation pour laquelle l'éclat est maximum se détermine à quelques degrés près. La réflexion des ondes sur un miroir plan peut également s'observer facilement. Toutes ces expériences peuvent se faire en remplaçant le sulfure phosphorescent par une bande de verre dépoli éclairée par une petite flamme de gaz.

Les phénomènes magnétiques et leur théorie, par MAURAIN et TISSOT. (Rapport présenté à la section de Physique, au Congrès de Cherbourg de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1905). — Les nombreux travaux relatifs aux propriétés magnétiques du fer et de ses dérivés ont fourni des résultats suffisants pour qu'on se rende compte de l'allure des phénomènes.

On connaît bien la forme des courbes d'aimantation et d'hystérésis, et de nouvelles mesures précises à ce sujet ne semblent pas désirables, puisque les courbes relatives à des échantillons de fer en apparence identiques présentent des différences dont on connaît mal les causes.

C'est justement en essayant de remonter à ces causes que l'on peut espérer développer les connaissances relatives aux propriétés magnétiques.

Les fers carburés ont une composition et une constitution très complexes, et leurs propriétés magnétiques sont en quelque sorte une résultante qui ne représente rien de simple.

L'étude de substances magnétiques bien définies — par exemple du fer aussi pur que possible; de fers carburés ayant subi un traitement thermique précisé avec soin; des constituants, séparés, d'un fer carburé ordinaire — peuvent fournir des résultats d'un grand intérêt scientifique.

Tels sont, par exemple, les travaux de M. Weiss sur la magnétite cristallisée et la pyrrhotine.

Si l'on connaissait les propriétés magnétiques des constituants des fers carburés, on pourrait, en revenant du simple au composé, voir plus clair dans les propriétés des fers et aciers industriels.

Une autre question à élucider est l'interprétation des phénomènes d'hystérésis et de ceux de traînage magnétique,

L'attention a été ramenée dans ces derniers temps sur ces questions par deux voies différentes.

L'étude des détecteurs magnétiques utilisés en télégraphie sans fil a montré le rôle dans leur fonctionnement des phénomènes d'hystérésis, qui sont réduits ou même supprimés par des oscillations électriques de courte période.

Par ailleurs, l'application de la méthode de mesure de l'induction magnétique par le galvanomètre balistique : qui a fait naître certaines difficultés attribuables à des phénomènes de traînage.

Les phénomènes d'hystérésis et de traînage jouent un rôle dans l'action des fers d'un bâtiment sur le compas, action qui est très importante dans les navires modernes qui sont construits entièrement en fer et acier, un rôle qui demanderait à être précisé. L'expérience montre, par exemple, que les déviations d'un compas n'ont pas exactement les mêmes valeurs lorsque le navire se trouve sur tribord ou sur babord (Erreur Gaussin). On sait d'autre part que les coefficients qui définissent l'état magnétique des fers d'un bâtiment subissent des modifications progressives pendant un laps de temps assez long après la mise à l'eau. Il serait intéressant de pouvoir se rendre compte des causes de ces variations et pratiquement fort utile d'en connaître les lois générales.

Dans un autre ordre d'idée tout différent, l'étude des propriétés magnétiques des alliages semble devoir être fertile en découvertes. On connaît les propriétés si curieuses des aciers au nickel et la façon dont elles varient avec la température. Récemment on a signalé des alliages de manganèse fortement magnétiques, alors que les métaux qui les constituent le sont peu ou pas.

Au point de vue pratique encore, il conviendrait de préciser plusieurs questions : l'hystérésis dans un champ tournant, le vieillissement des tôles, l'approximation des lois du circuit magnétique, la mesure rapide des propriétés magnétiques (tel par exemple l'appareil de M. Picou qui a réalisé un grand progrès), les relations entre les propriétés mécaniques et magnétiques.

Les phénomènes magnétiques sont si complexes que leur théorie a été l'objet de peu de travaux; tout récemment M. Langevin a montré que la théorie des électrons permet d'expliquer les particularités fondamentales du diamagnétisme et du magnétisme et d'interpréter la loi de M. Curie. De ces vues nouvelles sont susceptibles de sortir bien des progrès.

Contribution à l'étude des diélectriques liquides, par P. Gouré de Villemontée (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 179, 17 juillet). — L'auteur emploie deux condensateurs cylindriques remplis, le premier de pétrole, le second d'huile de paraffine et chargés respectivement avec des éléments Daniell et des éléments Gouy. Les charges prises par l'une des armatures ont été évaluées par la quantité d'électricité qu'il faut dégager sur un quartz piézo-électrique, soit pour produire une déviation égale à celle que détermine la charge de l'armature considérée, soit pour compenser la charge primitive (méthode de zéro). Trois séries d'expériences ont été faites. — Dans la première série on porte l'armature externe au potentiel V, l'armature interne au sol pendant un temps t, puis on établit brusquement les communications de l'armature interne avec l'électromètre et de l'armature externe avec le sol et l'on mesure la charge de l'armature interne. Les charges ont été produites avec des différences de potentiel, 10,9 volts pour le pétrole (température de 21° à 23°,4), 19,46 volts pour l'huile de paraffine (température de 21° à 24°,6); les durées de charge ont varié, dans le cas du pétrole, de $\frac{5}{100}$ à $\frac{17}{100}$ de seconde et, dans le cas de l'huile de paraffine, de $\frac{4}{1000}$ de seconde à 30 minutes. M. Gouré a constaté : 1° que le signe de la charge de l'armature interne est contraire au signe de la charge communiquée directement par la pile à l'armature externe; 2° que les logarithmes des temps de charge sont proportionnels aux logarithmes des quotients de la charge Q_t par le produit Vt. — Dans la seconde série on mesure la charge prise par l'armature interne, lorsqu'on maintient l'armature externe à un potentiel donné et l'armature interne en communication avec un électromètre pendant un temps déterminé. Les potentiels de charge ont varié de 1,39 à 19,46 volts; les durées de charge de 30 secondes à 27 minutes. Il a été reconnu : 1° que les quantités d'électricité mesurées sur l'armature interne, après des temps de charge égaux, sont proportionnelles aux potentiels de charge; 2° que la courbe représentant la variation du quotient de Q_t par Vt en fonction de t a la forme d'une hyperbole dont les branches sont extrêmement rapprochées des deux axes de coordonnées. — Dans la troisième série d'expériences on a cherché si le diélectrique était chargé dans sa masse après une durée de charge déterminée. Pour cela, une différence de potentiel de 19,46 volts a été maintenue de 4 à 10 minutes entre les armatures d'un condensateur cylindrique fermé à sa base et rempli d'huile de paraffine. Le jeu d'un levier laisse écouler le diélectrique dans un cylindre de Faraday relié à un électromètre, à un moment donné. La différence de potentiel a été maintenue entre les armatures pendant l'écoulement du liquide. Aucune charge n'a été appréciable dans le liquide écoulé. — De ses recherches l'auteur conclut : « En rapprochant les résultats énoncés de ceux qui ont été obtenus par J. Curie dans ses recherches sur la conductibilité des corps cristallisés (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XVII et XVIII), on voit que la propagation des charges électriques à travers le pétrole et l'huile de paraffine est comparable à la propagation des charges électriques à travers les corps cristallisés. Une analogie semblable a été signalée par Hertz (*Wied. Ann.*, t. XX, 1883, p. 279) entre les propriétés de la benzine et des cristaux. »

Variations thermiques de l'aimantation de la pyrrhotine et de ses groupements cristallins, par Pierre Weiss et J. Kunz (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 182, 17 juillet). — Les auteurs ont étudié les propriétés magnétiques de la pyrrhotine à diverses températures par la méthode des couples exercés par un électro-aimant tournant sur la substance suspendue à un ressort de torsion et chauffée par un four électrique placé entre les pièces polaires. Ils ont découvert, au cours de cette étude, qu'il existe deux espèces de pyrrhotine à propriétés distinctes.

Passage de l'électricité à travers les couches gazeuses de grande épaisseur, par E. Bouty (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 312, 31 juillet). — D'expériences antérieures de l'auteur il résulte que le champ critique au-dessus duquel un gaz livre passage à de l'électricité est la somme de deux termes : l'un caractéristique du gaz, indépendant de la température quand on maintient constants le volume et la masse, est largement prépondérant aux pressions supérieures à quelques dixièmes de millimètre de mercure; l'autre, dont l'influence n'est sensible qu'aux pressions très basses, dépend essentiellement de la paroi diélectrique ou de la couche gazeuse adhérente. Ce champ critique y peut en effet être représenté par la formule $y = a\sqrt{p(p+b)}$, où a est la cohésion diélectrique du gaz, p la pression, b une constante pour un récipient et pour un gaz déterminés. — Par de récentes expériences faites avec des récipients dont les dimensions suivant la direction du champ étaient différentes, M. Bouty a reconnu que cette grandeur b varie sensiblement en raison inverse de ces dimensions, c'est-à-dire en raison inverse de l'épaisseur e de la couche gazeuse. On peut donc écrire

$$y = a\sqrt{p\left(p+\frac{k}{e}\right)}$$

et par suite, pour la valeur de la différence de potentiel totale entre les extrémités de la colonne gazeuse traversée par l'effluve, $Y = ye = a\sqrt{pe(pe+k)}$, ce qui montre que cette différence ne dépend que du produit de la pression p par l'épaisseur e, ou encore *ne dépend que de la masse gazeuse intéressée par la décharge*. On retombe ainsi sur une loi énoncée par Paschen pour les potentiels explosifs entre électrodes métalliques, vérifiée notamment par les expériences de Carr. — L'auteur a également reconnu que pour des masses d'air suffisamment considérables la formule qui donne Y peut être confondue avec celle de l'asymptote à la courbe qu'elle représente, $Y_1 = \frac{ak}{2} + ape$. La différence de potentiel totale se compose donc : 1° d'un terme constant $\frac{ak}{2}$ dont la valeur est d'environ 1760 volts pour l'air, 1350 volts pour l'hydrogène, et 2° d'un terme proportionnel à la cohésion diélectrique et à la masse; pour l'air cette dernière différence de potentiel est de $2,46 \times 10^7$ par gramme d'air traversé, sur une section de 1^{cm^2}. — M. Bouty fait ensuite remarquer que d'après la seconde formule le champ critique y doit tendre vers zéro en même temps que la pression. Il a fait quelques expériences en vue de vérifier cette conséquence et ces expériences permettent d'affirmer que y devient très petit aux pressions très faibles; en particulier y est tombé à 16,5 volts : cm pour une épaisseur de $37^{cm},8$ et une pression de $0^{mm},04$, et à 8 ou 9 volts : cm seulement pour une épaisseur de 93^{cm}. — Ce dernier champ est seulement 5 à 6 fois le champ terrestre. Si donc, comme tout porte à le croire, on est encore loin, dans les expériences précédentes, des champs critiques les plus minimes susceptibles de provoquer l'effluve, il y a lieu de penser qu'il y a, dans la haute atmosphère, une région où l'air raréfié ne peut supporter même le champ électrique terrestre normal sans livrer passage à de l'électricité. A ces hauteurs, l'air serait donc normalement ionisé, et la distribution des ions serait telle que le champ électrique résultant tendrait rapidement vers zéro quand on s'élèverait davantage.

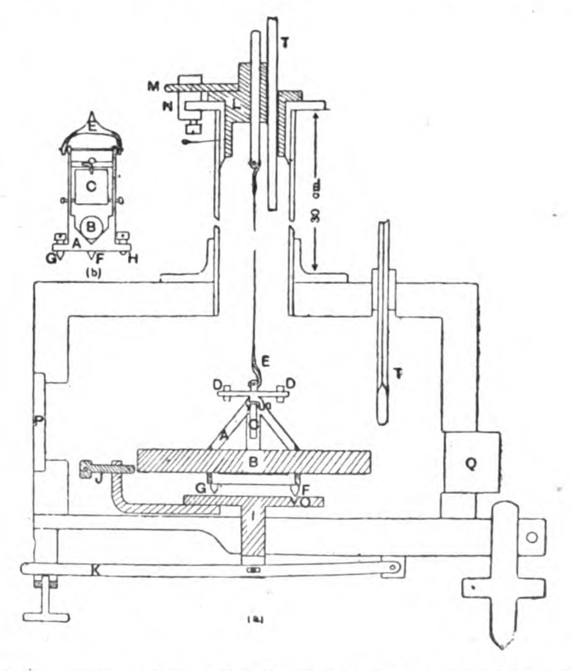
Sur le phénomène de Majorana, par A. Cotton et H. Mouton (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 317, 31 juillet). — Majorana a découvert en 1902 la propriété très curieuse que possèdent *certaines solutions* d'hydroxyde de fer de se comporter dans un champ magnétique comme un corps cristallin uniaxe positif ou négatif dont l'axe serait parallèle aux lignes de force du champ : lorsqu'un rayon lumineux se propage normalement à ces lignes, les deux composantes parallèle et perpendiculaire au champ de la vibration subissent une certaine différence de marche. MM. Cotton et Mouton ont repris l'étude de ce phénomène ainsi que celle de la structure même des solutions colloïdales qui le présentent. — Ces études ont porté tout d'abord sur des échantillons très anciens de *fer Bravais*. Avec un liquide datant de 1882, les auteurs ont retrouvé les résultats déjà connus, en particulier l'inversion que signale Majorana; ils ont en outre obtenu les résultats suivants qui sont nouveaux : 1° si l'on filtre le liquide sur une paroi de collodion, le liquide qui n'a pas traversé la membrane présente une biréfringence magnétique énorme; le liquide incolore qui a passé est tout à fait inactif : on a donc là une preuve directe que le phénomène est lié à la présence des granules; 2° si on laisse reposer le liquide plusieurs mois dans le flacon qui le contient, on trouve qu'il devient plus opaque à la partie inférieure; en prélevant alors des échantillons au fond et à la surface, on trouve que la biréfringence magnétique est nettement plus grande dans le premier cas; les grains sont donc relativement plus gros puisqu'il tombent; on les voit, en effet, sans difficulté; ils sont pourtant encore ultra-microscopiques et animés de mouvements browniens très vifs; 3° les liquides coagulés sont inactifs (fait reconnu par Majorana), mais si l'on produit la coagulation en présence du champ magnétique le résultat est différent : si l'on ajoute, avec certaines précautions, la solution saline coagulante au liquide placé dans le champ, la biréfringence subsiste et même elle ne disparaît plus complètement quand on supprime le courant. — Un quatrième fait nouveau résulte encore de l'étude de MM. Cotton et Mouton. Les expériences faites jusqu'ici sur la biréfringence magnétique indiquaient que les indices de réfraction des vibrations parallèles ou perpendiculaires au champ deviennent différents lorsque le liquide est placé dans un champ magnétique; elles ne permettaient pas de dire comment l'établissement du champ agit sur chacun de ces indices considéré isolément. Le changement pouvait ne porter que sur l'un d'eux, l'autre restant inaltéré, comme il arrive dans le cas de la biréfringence électrique de Kerr. Les auteurs ont répondu à cette question par l'expérience directe suivante : une petite cuve en forme de prisme creux est remplie de liquide actif et disposée entre les pièces polaires de l'électro-aimant; on regarde à travers le prisme l'image d'une fente éclairée par une source monochromatique intense. On voit la raie se dédoubler nettement en deux composantes polarisées à angle droit lorsqu'on lance le courant dans l'électro-aimant; les deux composantes se disposent l'une à droite, l'autre à gauche de la raie primitive, mais dans une position dissymétrique par rapport à celle-ci; les vibrations parallèles aux lignes de force subissent une diminution d'indice à peu près double de l'accroissement qu'éprouvent les vibrations perpendiculaires.

Sur la biréfringence magnétique; nouveaux liquides actifs, par A. Cotton et H. Mouton (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 349, 7 août). — Dans cette Note, les auteurs indiquent deux espèces de solutions d'hydroxyde ferrique qui présentent une biréfringence positive très considérable (tandis que le fer Bravais ancien, considéré dans la Note précédente, présente une biréfringence négative), puis des solutions ne renfermant pas de fer et possédant cependant une biréfringence magnétique très nette. — I. On sait qu'une solution récente d'hydroxyde de fer préparée par dyalise (fer Bravais de préparation récente par exemple) présente une faible biréfringence positive. Si l'on place des échantillons d'un tel liquide dans des tubes scellés et qu'on les soumette, dans une étuve à 100°, à des chauffages de plus en plus prolongés, le liquide devient en même temps de plus en plus biréfringent. Il suffit, par exemple, de chauffer pendant 4 heures pour que la biréfringence devienne environ quarante fois plus grande. On peut alors mesurer avec précision sa variation en fonction du champ : elle varie à peu près comme le carré du champ sans inversion. En même temps que le liquide devient de plus en plus actif, son aspect change : il devient plus visqueux, plus opaque, diffuse plus de lumière. Son examen ultra-microscopique montre que la grosseur des grains est nettement augmentée par le chauffage. Il résulte donc de ces observations que la grandeur de la biréfringence dépend de la grosseur des grains. — II. En employant le procédé de Bredig de la pulvérisation électrique pour la préparation des métaux précieux en solution colloïdale, on peut préparer avec des électrodes de fer un liquide jaune clair qui a gardé depuis plusieurs mois son aspect colloïdal typique. Ce liquide présente une biréfringence magnétique positive qui est faible à cause de la faible concentration, mais qui est cependant assez grande pour que les auteurs aient pu mesurer sa variation avec le champ. Cette variation est toute différente de celle qu'on obtient avec les liquides déjà étudiés. La courbe obtenue en portant en abscisses le champ et en ordonnées la biréfringence s'élève d'abord très rapidement au voisinage de l'origine, pour se transformer, à partir

d'un champ de 3000 unités environ, en une droite légèrement ascendante. En appliquant le même procédé de Bredig à des électrodes de fer dans la glycérine, on obtient un liquide gris qui donne lieu à un autre phénomène magnéto-optique, la rotation bimagnétique de Majorana (rotation du plan de polarisation indépendante du sens du champ); celle-ci est due à une inégale absorption par le liquide des vibrations lumineuses parallèles et perpendiculaires au champ. Un champ très faible suffit pour produire le phénomène. Les particules microscopiques en suspension dans le liquide ont une forme bien déterminée : on les voit s'orienter nettement dans un champ magnétique. — III. Si l'on mélange dans certaines conditions deux solutions diluées, l'une de carbonate de sodium, l'autre d'azotate de calcium, on obtient un liquide qui conserve assez longtemps en suspension des cristaux très petits de carbonate de calcium; ce liquide présente nettement une biréfringence magnétique négative, dont la loi de variation avec le champ est analogue à celle du fer de Bredig, accompagnée d'une rotation bimagnétique. Ce dernier fait est à rapprocher des observations de M. Meslin qui a observé le phénomène de la rotation bimagnétique sur un grand nombre de liquides dans lesquels il mettait en suspension des poudres cristallines. Il n'avait pas observé dans ces conditions de biréfringence : cela tient probablement à ce que les particules en suspension étaient trop grosses, disent les auteurs. Ceux-ci croient, en effet, que la biréfringence magnétique ne s'observe que si la grosseur des particules en suspension est comprise entre certaines limites. Si l'on examine l'ensemble des observations qui précèdent, on voit que ce phénomène doit, comme le pensait Schmauss, dépendre d'une orientation des particules soumises à l'action du champ. Pour des particules très petites, les mouvements browniens qui persistent, comme les auteurs l'ont constaté, dans un champ magnétique intense, viennent contrarier cette orientation. Pour des particules plus grosses, l'inégalité d'intensité des deux composantes de la vibration est le phénomène principal. Reste à expliquer comment cette orientation rend compte des propriétés optiques; les auteurs annoncent qu'ils examineront cette question dans un autre recueil.

Détermination du moment d'inertie des aimants utilisés dans la mesure de la composante horizontale du champ terrestre, par W. WATSON, professeur-assistant de Physique au Royal College of Science, de Londres (*Philosophical Magazine*, 6e série, t. X, p. 130-149, juillet). — Une des constantes requises pour la détermination de la composante horizontale du champ magnétique terrestre est la valeur du moment d'inertie de l'aimant dont on mesure la durée d'oscillation. Pour tous les magnétomètres, employés dans les pays de langue anglaise, cette constante est donnée par l'Observatoire de Kew où ces magnétomètres sont préalablement étudiés. La méthode employée pour la déterminer consiste à calculer d'après ses dimensions le moment d'inertie d'une barre cylindrique de cuivre qui est fournie avec chaque instrument, puis à mesurer la durée d'oscillation de l'aimant seul et celle du système formé par l'aimant et la barre de cuivre; de ces trois quantités on déduit le moment d'inertie de l'aimant. — Mais, comme le fait remarquer l'auteur, cette méthode suppose que la barre de cuivre est rigoureusement homogène. Or une homogénéité rigoureuse ne paraît pas réalisable et même, récemment, des divergences constatées dans des mesures d'essais de magnétomètres destinés à l'Indian Magnetic Survey ont dû être finalement attribuées à des défauts d'homogénéité des barres de cuivre. — Aussi M. W. Watson est-il d'avis qu'il convient d'abandonner la détermination directe du moment d'inertie des barres de cuivre d'après leurs dimensions et qu'il est préférable de calculer indirectement ce moment par comparaison avec le moment d'inertie d'une barre-étalon soigneusement construite et étudiée. Même dans le cas où le moment d'inertie de cette barre-étalon ne pourrait être déterminé rigoureusement, ce procédé indirect aurait néanmoins l'avantage de fournir, pour le moment d'inertie de la barre de cuivre livrée avec chaque instrument, des nombres qui seraient tous ou légèrement trop grands ou légèrement trop petits, tandis que le procédé actuel fournit des nombres qui sont erronés tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. — Dans le long Mémoire qui nous occupe M. Watson décrit un instrument qu'il a imaginé pour comparer les moments d'inertie, expose les résultats de mesures de comparaison qu'il a faites sur diverses barres et enfin indique quelques essais effectués en vue de reconnaître l'influence de la résistance de l'air sur la période d'oscillation. Nous renvoyons le lecteur au Mémoire original pour ces deux derniers points, nous bornant ici à donner une description succincte de l'appareil.

Cet appareil est représenté par les figures ci-jointes (*a* et *b*).



Il se compose d'un étrier A supportant la barre-étalon B, un miroir C, et une barrette à contrepoids de réglage D; un fil de quartz E, de 30cm de longueur et de 0mm,37 de diamètre, soutient cet étrier, qui, au repos, s'appuie par trois pointes F, G, H sur un plateau I muni d'une vis J et que l'on peut élever ou abaisser au moyen du levier K. La partie supérieure du fil de quartz est fixée à un cylindre de torsion L portant un bras M que l'on maintient en place à l'aide de deux arrêts à vis N. Une caisse en bois munie d'une fenêtre P, fermée par une glace, pour livrer passage au rayon lumineux, et d'une ouverture Q, fermée par un bouchon, pour permettre l'introduction de la barre A, enveloppe la partie inférieure de l'appareil; un tube de cuivre de 30cm soutient la tête de torsion. Deux thermomètres T donnent la température. — Ces divers organes permettent un réglage minutieux de la position des barres que l'on veut comparer.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Les méthodes et les appareils de mesure du temps, des distances, des vitesses et des accélérations, par l'ingénieur J.-G. CARLIER, 2 vol. $255^{mm} \times 165^{mm}$, de 274 + 240 p. Ramlot frères et sœurs, Bruxelles; Ch. Béranger, Paris. Prix, broché, 12^{fr}.

Le titre même de l'Ouvrage de M. Carlier indique bien son contenu; c'est une énumération de la plupart des appareils destinés à la mesure des facteurs qui intéressent le plus les mécaniciens; évidemment, parmi les appareils signalés, beaucoup ne sont pas d'un usage courant, mais il est bon néanmoins de connaître leur existence. Les deux volumes contiennent 357 figures pour 515 pages, c'est-à-dire que l'illustration est très développée. Nous pourrions faire à ce sujet une petite réserve : la plupart des figures ont été fournies par les constructeurs d'appareils; or, on sait ce que sont les figures de catalogues destinées à montrer surtout la forme extérieure des appareils, mais sur lesquelles on voit difficilement les détails qui seraient nécessaires pour comprendre la description. Quelques figures plus schématiques auraient, dans bien des cas, été d'un grand secours pour la clarté.

L'Ouvrage tel qu'il se présente, avec le grand nombre d'appareils signalés, ne saurait évidemment donner des détails bien étendus sur chacun d'eux, mais il constitue un guide utile à consulter pour ceux qui ont à faire usage de ces instruments, il éveille beaucoup d'idées et, par là, il présente un intérêt que l'on ne trouve pas toujours dans les ouvrages de cet ordre.

Quelques incorrections de langage et des définitions erronées de certaines unités, qu'il sera facile de faire disparaître dans une édition suivante, rendent parfois la lecture un peu difficile, mais sans retirer le mérite réel du livre. Il serait aussi désirable que le classement des matières fût un peu plus méthodique, cela faciliterait les recherches et ainsi la valeur de l'ouvrage augmenterait. H. A.

Die vagabundierenden Ströme elektrischer Bahnen (les courants vagabonds), par CARL MICHALKE, ingénieur en chef. Un vol. $22^{cm} \times 14^{cm}$ de 85 pages avec 34 figures dans le texte. 4e fascicule des Monographies électrotechniques *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen*, Friedrich Vieweg und Sohn, éditeurs à Braunschweig. Prix : broché, 2,50 mark; relié, 3 mark.

Il n'existe dans aucune littérature de traité spécial où se trouvent réunis et classés les travaux concernant les courants vagabonds. Le docteur Carl Michalke vient de combler cette lacune dans le 4e fascicule des Monographies électrotechniques L'auteur nous avertit, dans sa préface, qu'il s'en est strictement tenu aux opinions de ses devanciers; il n'a pas cherché à établir une théorie de ces phénomènes étant données les divergences de vue qu'il a rencontrées, et il lui serait encore bien plus difficile de donner des indications, applicables en général, sur les moyens propres à diminuer ou éviter les troubles dus aux courants vagabonds. Trop de facteurs interviennent qui dépendent exclusivement des conditions locales. En résumé, il présente son livre comme une mise au point de la question. L'ordre adopté pour le développement est le suivant : Généralités. Courants terrestres dans le cas où le rail est régulièrement chargé (une voiture à l'extrémité de la ligne). Formule donnant la tension du rail par rapport à la terre et conséquences à en tirer au point de vue de la diminution des courants vagabonds. Courants terrestres dans le cas où plusieurs voitures, à égale distance les unes des autres, roulent sur la voie. Valeurs diverses de la résistance au contact rail-terre, terre-conduite. Répartition de la tension dans le sol. Courants corrosifs dus aux tramways et aux éléments galvaniques constitués par les conduites métalliques même noyées dans le sol. Nature des corrosions. Mesures diverses. Précautions à prendre pour éviter les courants vagabonds. Enfin, dans un dernier paragraphe, sont résumés les dangers que présentent les courants de traction dans le voisinage des signaux électriques, des lignes téléphoniques et télégraphiques et des laboratoires. B. K.

Calcul et construction des machines dynamo-électriques, par SILVANUS P. THOMPSON. Traduction et adaptation de l'anglais, par E. BOISTEL. Un vol. in-8°. Ch. Béranger, Paris, éditeur. Prix, relié, 15^{fr}.

Cet Ouvrage complète l'excellent *Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques* du même auteur. Aussi simple d'allure et aussi pratique que son aîné, sa traduction française ne manquera pas d'intéresser, non seulement l'ingénieur électricien et le constructeur de dynamos, mais encore toute la légion d'industriels et de consommateurs désireux de connaître les éléments de la construction des machines génératrices et motrices.

Pour les lecteurs français, M. Boistel a pris soin de transformer en unités C. G. S. ou en unités décimales les nombreuses mesures données dans l'Ouvrage original en unités anglaises. C'était là un travail considérable et peu récréatif pour lequel le traducteur mérite d'être sincèrement remercié.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences.

Ainsi que nous l'avons antérieurement annoncé le Congrès annuel de l'A. F. A. S. s'est tenu cette année à Cherbourg du 3 au 10 août.

Suivant l'usage la séance d'inauguration a eu lieu le jeudi 3 août, sous la présidence de M. Giard, président de l'Association. Dès le lendemain matin les sections procédaient à l'élection de leurs bureaux et commençaient leurs travaux. Dans l'après-midi de ce même jour M. Appell et le Dr Henriot, présidents de division — une nouvelle création — prononçaient leurs adresses en séance générale.

Pendant l'après-midi du samedi, M. Paul Renaud a fait, dans l'une des cours du lycée, des expériences sur le travail des métaux (soudage et découpage) au moyen du chalumeau oxyhydrique. Ces expériences ne pouvaient manquer d'intéresser les ingénieurs des ateliers de l'Arsenal maritime et des quelques chantiers de constructions qui se trouvent dans le voisinage de Cherbourg. Aussi ont-elles été suivies par une nombreuse assistance.

Deux excursions générales, l'une à Saint-Vaast, Tatihou et Valognes, l'autre à l'anse d'Escalgrain et au Nez de Jobourg, occupèrent les journées du dimanche 6 et du mardi 8. L'excursion finale des vendredi 11 et samedi 12 permit aux congressistes de visiter les îles de Guernesey et de Sercq.

Dans son ensemble le Congrès de Cherbourg fut ni plus ni moins intéressant que la plupart des Congrès antérieurs. Plusieurs sections, et tout particulièrement la section d'Électricité médicale, eurent à entendre et à discuter bon nombre de Mémoires de valeur. Malheureusement nous ne pouvons en dire autant de la section de Physique, qui pourtant montrait depuis plusieurs années une vitalité exceptionnelle. Une demi-douzaine de Mémoires — au lieu des 50 à 60 que nous avions à enregistrer les années précédentes — furent seulement soumis à cette section, dont le nombre des membres présents était d'ailleurs des plus restreint.

Parmi ces Mémoires, deux seulement concernent l'Électricité : l'un est dû à M. Beaulard, l'autre à M. Gutton. Nous en donnons p. 119 et 121 une analyse étendue. Nous reproduisons aussi, p. 122, le rapport sur le Magnétisme, rédigé par MM. Maurain et Tissot, et qui devait servir de base à une discussion.

Ajoutons que le bureau de la section de Physique était constitué par : M. Lacour, nommé président en remplacement de M. Tissot, retenu à Brest pour raison majeure; M. de Kowalski, vice-président, et M. Langevin, secrétaire.

Congrès international de l'Acétylène.

Ce Congrès, le quatrième de ce genre, a eu lieu à Liège les 17, 18, 19 juillet dernier, sous la présidence d'honneur de MM. Berthelot, Moissan, général Sebert, et la présidence effective de M. Pichon, président de l'Union française des Acétylénistes.

En ces trois jours le Congrès n'a pas tenu moins de cinq séances : la première, consacrée aux discours de bienvenue, à la constitution du Bureau; trois autres à l'exposé et la discussion des communications techniques, enfin la cinquième à la discussion de l'opportunité de la création d'un Comité international chargé d'études techniques intéressant l'industrie de l'acétylène.

La plupart des communications avaient pour objet la description d'appareils nouveaux; parmi les autres nous signalerons celle de M. Bullier sur l'*Épuration de l'acétylène* et celle de M. Fouché intitulée : *Photométrie et acétylène*.

Au cours des discussions qui suivirent ces communications, les congressistes émirent divers vœux concernant la réglementation de l'analyse des impuretés du carbure et de l'acétylène, de la construction des générateurs, des renseignements à indiquer sur les appareils et les prospectus.

Quant au Comité international de l'Acétylène, sa création fut décidée dans la séance du mardi 18. Ce Comité sera constitué par des membres élus par les diverses Associations d'acétylène à raison de 1 à 3 membres par Association; ces élections auront lieu avant le 1er novembre prochain. Le Comité restera en fonction jusqu'au prochain Congrès international, qu'il est chargé d'organiser pour 1907 ou 1908; son siège sera à Paris dans les locaux de l'Union française des Acétylénistes.

Congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation.

Ce Congrès, ainsi que nous l'avons annoncé il y a quelques mois, se tiendra à Liège les 12, 13 et 14 septembre prochain. Patronné par les principales sociétés savantes et par des comités d'organisation réunissant les noms des physiciens les plus marquants, ce Congrès, malgré la nature un peu spéciale des questions dont il doit s'occuper, promet d'être des plus brillants.

Déjà, à la date du 5 août, il n'y avait pas moins de 33 Communications annoncées pour la section physique et de 30 pour la section biologique. Parmi les noms des auteurs des premières, nous relevons ceux de MM. Svante Arrhénius, Carl Barus, Birkeland, Bruhnes, Dufour, Hemptinne, de Kowalski, Righi, Sarrasin, Tommasina, Wehnelt, Wiedemann, etc. Parmi ceux des communications à la section biologique : MM. Contremoulins, Dubois, Remy, etc. En outre M. H. Becquerel, de l'Académie des Sciences, et Sir William Ramsay, de Londres, feront chacun une conférence.

Diverses visites et excursions sont organisées; en particulier la visite des ateliers Cockerill et une excursion à Ostende, avec arrêt à Bruxelles; pour cette excursion

la municipalité d'Ostende offre aux congressistes la gratuité du voyage Liège-Ostende.

Les demandes d'admission au Congrès doivent être adressées à M. J. Daniel, secrétaire général, 9, boulevard Rogier, à Ostende.

Congrès international des Mines et de la Métallurgie.

A ce Congrès, qui a eu lieu à Liège du 25 juin au 1er juillet, l'Électrométallurgie a donné lieu à deux communications intéressantes. L'une, due à M. Pitaval, ingénieur civil des Mines, nous donne un tableau d'ensemble des applications actuelles du four électrique en métallurgie; nous en publions quelques extraits dans ce numéro, p. 116 et suivantes. Dans l'autre, M. G. Gin montre les avantages que présente un four électrique de son invention pour la fabrication de l'acier; nous en donnerons une analyse dans le prochain numéro.

Outre ces communications, nous signalerons une Note du professeur Wedding, de Berlin, sur les qualités mécaniques de l'acier électrique et la structure métallographique de ce métal, et une allocution improvisée de M. Le Chatelier où celui-ci montre l'importance de la question électrosidérurgique et résume brièvement, avec précision et clarté, les résultats obtenus.

Une discussion très animée, à laquelle ont pris part, outre les ingénieurs et savants dont les noms précèdent, MM. L. Guillet, Lodin, Saladin, etc., a d'ailleurs confirmé l'intérêt que les métallurgistes accordent aujourd'hui à l'acier électrique.

Nécrologie : Ernest Bichat.

Ernest Bichat, doyen de la Faculté de Nancy, a succombé, le mercredi 26 juillet, aux suites d'une cruelle maladie dont il souffrait depuis longtemps déjà.

Né à Lunéville le 17 septembre 1845, il entra à l'École normale supérieure en 1866 et fut reçu à l'agrégation de Physique en 1869. Nommé professeur au lycée de Poitiers, il quitta, deux ans après, ce poste, pour prendre les fonctions de préparateur à l'École normale, où il travailla à une thèse de doctorat qu'il soutint le 16 mai 1873. En octobre 1876 il fut nommé maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, puis professeur à la même Faculté en juillet 1877, l'année suivante; il en devenait le doyen en 1888.

Il était membre de l'Institut depuis le 10 juillet 1893. Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique depuis plusieurs années, il prit une part active à toutes les réformes qui ont réorganisé l'Enseignement supérieur et l'Enseignement secondaire.

Les travaux de Bichat ont principalement porté sur l'Électricité; en collaboration avec M. Blondlot il a publié sous le titre : *Introduction à l'étude de l'Électricité statique*, un des premiers ouvrages classiques présentant l'étude de l'Électricité sous une forme rationnelle. Mais c'est surtout comme organisateur que Bichat a eu l'occasion de montrer ses brillantes et sérieuses qualités. C'est en effet sous son énergique impulsion que la Faculté des Sciences de Nancy a créé l'Institut chimique, l'École de Brasserie, l'Institut électrotechnique et qu'elle décidait la fondation d'un Institut de Physique dont Bichat traçait les plans peu avant sa mort.

Informations diverses.

TRACTION. — Le *Journal officiel* vient de publier une loi déclarant d'utilité publique l'établissement à Paris de deux lignes de chemins de fer à traction électrique, de la gare Saint-Lazare à la porte de Saint-Ouen et de la gare Montparnasse à la porte de Versailles, formant les prolongements du chemin de fer d'intérêt local souterrain de Montmartre à Montparnasse que nous avons signalé antérieurement dans ces colonnes.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Le gouvernement des Etats-Unis possédera avant peu une chaîne de stations de télégraphie sans fil le long de la côte de l'océan Atlantique depuis Portland (Maine) jusqu'à Galveston (Texas). Ces stations doivent être utilisées en particulier à l'établissement d'un service étendu de transmissions de renseignements météorologiques. Tous les bâtiments munis d'appareils de télégraphie sans fil, lorsqu'ils viendront dans la portée des stations, devront leur transmettre journellement les avis et renseignements concernant le temps. Ces avis sont réexpédiés au Bureau météorologique de Washington. Les navires doivent également annoncer les variations importantes du baromètre. En retour, les stations transmettent aux bâtiments les prédictions du temps qui émanent du Bureau météorologique.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE. — Le vapeur câblier *Cambria* est parti de Queenstown pour Cap Canso (Nouvelle-Écosse), afin de déterminer par des sondages le chemin du nouveau câble transatlantique de la Commercial Cable Company. Les sondages ont lieu à des intervalles d'environ 35km et dureront à peu près un mois. L'extrémité côtière du câble partant de Waterville est déjà posée sur une longueur de 320km.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE. — La Société anonyme des carbures métalliques détentrice des brevets Bullier en Belgique, ayant actionné en contrefaçon une société belge vendant du carbure de calcium, la 5e Chambre civile de Bruxelles a rendu, le 12 juillet dernier, un jugement déboutant la Société des carbures métalliques, déclarant nul le brevet Bullier belge, « attendu qu'entre la date du brevet français (9 février 1894) et celle du brevet belge, Moissan a fait le 5 mars 1894, à l'Académie des Sciences, une Communication nouvelle, imprimée et publiée » dans laquelle se trouve décrit le procédé breveté.

SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES. — D'après le rapport à l'assemblée générale des actionnaires de la Société électrométallurgique française, le bénéfice net de cette Société pendant l'exercice 1904 s'est élevé à 2575931fr,76 en augmentation de 1234578fr sur celui de l'exercice précédent. Cette situation florissante a permis de distribuer 1600fr par part aux 100 parts de fondateurs et un dividende de 60fr aux actions de 500fr entièrement libérées.

Tome IV. **N° 41. — 15 septembre 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

SYNCHRONISATION AUTOMATIQUE DES ALTERNATEURS.

Jusqu'à ces derniers temps on s'était peu occupé de la mise en parallèle automatique des machines d'une station centrale. L'emploi toujours grandissant des interrupteurs à commande électrique, et le désir de supprimer complètement les perturbations et les accidents dus à une mise en parallèle trop prématurée ou trop tardive, ont conduit les ingénieurs à étudier des dispositifs de synchronisation automatique.

Nous allons passer en revue successivement deux systèmes différents, construits, l'un par la compagnie américaine Westinghouse ([1]), l'autre par la maison Voigt et Hæffner ([2]).

On sait que pour opérer la mise en parallèle d'une machine sur un réseau il faut :

1° Que le voltage de la machine soit légèrement supérieur à celui du réseau ;

2° Que la machine soit en phase avec le réseau ;

3° Que la fréquence soit la même.

La compagnie Westinghouse contrôle ces trois conditions au moyen d'un seul appareil, Voigt et Hæffner emploient des appareils différents pour chacune des conditions.

L'appareil Westinghouse (*fig.* 1) consiste essentiellement en deux solénoïdes connectés de manière à recevoir à l'instant du synchronisme, l'un, un courant maximum, l'autre, un courant minimum. Les noyaux de ces solénoïdes sont fixés par un lien flexible aux deux extrémités d'un balancier qui pivote en son milieu.

L'arbre du balancier porte un contact qui ferme le circuit d'un relais, et celui-ci ferme le circuit de l'électro-aimant de l'interrupteur au moment exact du synchronisme. Le courant nécessaire pour la fermeture de l'interrupteur est pris sur une ligne à courant continu.

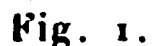
Au balancier est également fixé un élément

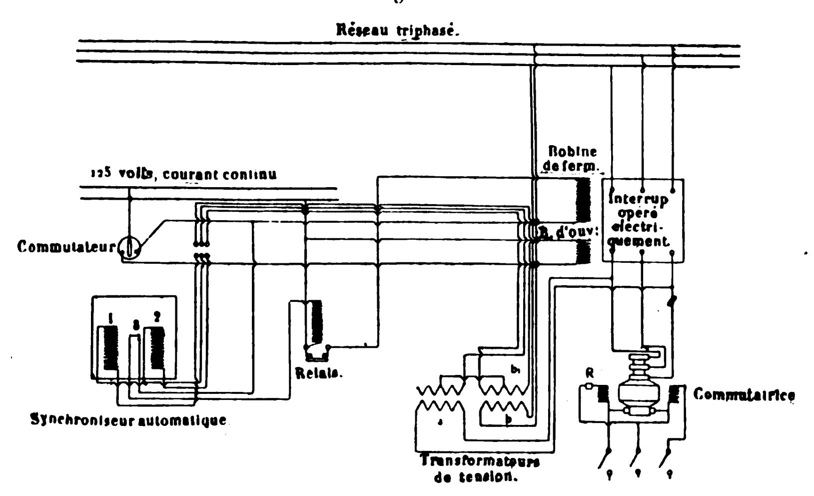
([1]) *Electric Club Journal,* t. II, n° 5, mai 1905.
([2]) *Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXVI, n° 19, mai 1905.

d'un dash-pot, dont l'autre élément est relié par un système de leviers à un disque en matériel isolant; sur ce disque est vissé un petit segment de métal, qui est un peu plus long que l'espace compris entre le contact fixe et le contact mobile lorsqu'ils sont à leur distance minimum.

L'appareil est ajusté mécaniquement de manière que cette distance minimum corresponde au moment du synchronisme. Lorsque le mouvement du balancier est trop rapide, l'action du dash-pot empêche le contact mobile de former contact avec le contact fixe par l'intermédiaire du segment métallique.

Tant que la machine à brancher sur le réseau


Fig. 1.



n'approche pas du synchronisme, les deux solénoïdes reçoivent des courants équivalents des transformateurs de synchronisation, et le balancier occupe une position intermédiaire entre ses deux positions extrêmes.

Lorsque le synchronisme approche, le balancier commence à osciller, suivant dans ses mouvements les oscillations des courants; le courant est maximum dans un solénoïde, tandis qu'il est minimum dans l'autre, et *vice versa*.

Si les oscillations deviennent suffisamment lentes, le dash-pot est tiré à sa longueur maximum par le mouvement du balancier, et la pièce métallique du disque isolant reste dans une bonne position pour fermer le circuit entre les contacts fixe et mobile.

Si le voltage de la machine à brancher diffère trop de celui du réseau, le contact ne sera pas fermé, car l'excès de voltage sur le solénoïde de gauche maintient cette extrémité du balancier trop bas au moment du synchronisme.

Un commutateur et un relais sont placés dans le circuit du synchroniseur et de l'interrupteur opéré électriquement; le commutateur permet d'ouvrir l'interrupteur, mais pas de le fermer, car le circuit de la bobine de fermeture n'est complet que lorsque le synchronisme est atteint; le relais est muni de contacts en charbon; cet appareil évite les courants intenses sur les contacts du synchroniseur.

La figure 1 nous donne le détail des connexions d'un synchroniseur automatique employé pour la mise en parallèle d'une commutatrice sur un réseau.

Pour les commutatrices on a établi un interrupteur opéré électriquement qui remplit en même temps la fonction d'interrupteur automatique; pour les machines à haute tension on emploie des interrupteurs automatiques à huile.

Comme ces interrupteurs demandent un certain laps de temps pour se fermer, il est nécessaire que l'opération de fermeture commence avant l'instant du synchronisme, afin que l'interrupteur soit fermé au bon moment; l'appareil peut être ajusté très facilement pour opérer avec n'importe quel interrupteur commandé électriquement ou au moyen de l'air comprimé.

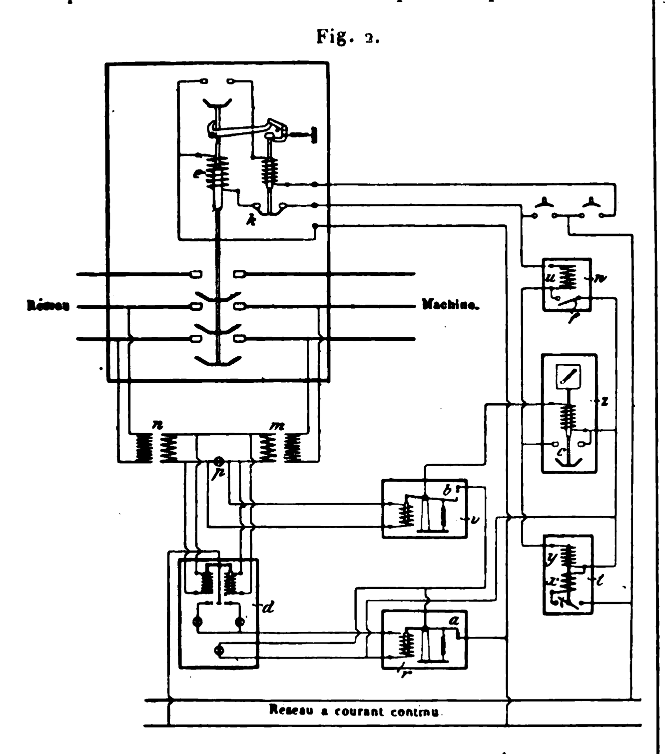
Nous avons vu cet appareil en fonctionnement dans une station centrale de Pittsbourg et les aiguilles des ampèremètres indiquaient à peine une déviation lors du branchement d'une commutatrice sur le réseau.

Nous donnons figure 2 le schéma complet du dispositif de synchronisation de Voigt et Hæffner.

m et *n* sont les transformateurs du réseau de la machine à brancher, ils sont connectés de manière à produire l'éclairage de la lampe *p* lorsque la machine est au synchronisme.

La première condition à réaliser est contrôlée par un voltmètre différentiel *d* et un relais *r*; les deux solénoïdes sont calculés de telle manière que le levier à contacts occupe une position mé-

Fig. 2.



diane lorsque le voltage de la machine est un peu supérieur à celui du réseau; à ce moment aucun courant ne traverse le relais *r* et le contact *a* sera fermé.

Si la tension de la machine est trop faible ou trop élevée, le levier s'inclinera à droite ou à gauche, le circuit du relais sera fermé et le contact *a* ouvert.

Le fonctionnement de l'appareil est indiqué par trois lampes : une lampe rouge à gauche indique *tension trop élevée,* une lampe verte à droite, *tension trop faible*, enfin, une lampe ordinaire prévient le mécanicien lorsque la tension est exacte.

L'appareil destiné à constater la coïncidence de phase de la machine et du réseau est un voltmètre ordinaire *v* dont le solénoïde est connecté en parallèle avec la lampe de phase *p*; le contact *b* est fermé lorsque la tension aux bornes de la lampe de phase est maximum.

La réalisation de la troisième condition est obtenue au moyen d'un relais à fonctionnement lent et réglable *z*; ce relais reçoit du courant lorsque les contacts *a* et *b* sont fermés, c'est-à-dire lorsque les deux premières conditions sont réalisées.

Si, lorsque *a* est fermé, *b* se ferme pendant un temps assez long, le relais *z* fonctionne et peut finalement fermer le contact *c*; l'interrupteur automatique fonctionne et la mise en parallèle est obtenue.

Nous remarquons encore sur le schéma un interrupteur *t* qui ferme le circuit à courant continu sur les appareils de synchronisation et qui est construit comme un interrupteur automatique à minimum.

L'électro comporte deux enroulements *x* et *y*; ce dernier est un enroulement à fil fin et est connecté aux deux bornes *c*. En fermant l'interrupteur *t* le noyau est maintenu par l'action de la bobine *y*, la bobine à gros fil *x* n'a aucune action; mais, lorsque le relais *z* ferme le contact *c*, *y* est mis en court-circuit et *x* est traversé par le courant total du solénoïde de fermeture *e*.

Aussitôt que l'interrupteur est fermé le courant dans *e* est interrompu par *k*; aucun courant ne traverse *x* et *t* s'ouvre.

Enfin l'on emploie encore un relais de sûreté *w* dont le but est le suivant : il peut arriver que le relais *z* ne ferme *c* que pendant un temps très court, dans ce cas l'interrupteur automatique peut ne pas se fermer complètement; pour obvier à cet inconvénient on insère dans le circuit du solénoïde la bobine *u*, qui ferme le contact *f* et forme un circuit parallèle à *c*; ce circuit dure tant que le courant dans le solénoïde *e* n'est pas interrompu par *k*.

Pour plusieurs machines d'une centrale il suffit d'un seul dispositif de synchronisation, car on peut le connecter aux différentes machines au moyen d'un commutateur multipolaire.

Ce dispositif a été en service depuis le début de 1903 dans le laboratoire de Voigt et Hæffner pour mettre un moteur synchrone de 120 chevaux en parallèle sur le réseau urbain; enfin il a été employé également à la station centrale de

a mine n° 2 de la compagnie Kaiser-Wilhelm pour mettre deux machines de 2200 kilowatts en parallèle entre elles et avec le réseau; on avait prévu également la fermeture des interrupteurs à la main, mais on n'a pas eu à s'en servir jusqu'ici. On a constaté que les déviations des ampèremètres étaient plus faibles avec la synchronisation automatique que lorsque la mise en parallèle était faite par un électricien expérimenté.

Depuis environ deux ans, presque toutes les grandes stations centrales aux Etats-Unis sont munies d'interrupteurs à commande électrique; l'emploi de ces interrupteurs tend à se généraliser de plus en plus et il faut espérer que la synchronisation automatique en deviendra bientôt le complément utile et ajoutera un facteur de plus à la sécurité et au bon fonctionnement de nos grandes stations centrales modernes.

P. Diény.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Influence des enveloppes et des fuites sur le fonctionnement de la machine à vapeur (*Génie civil*, t. XLVII, p. 260-265, 19 août). — Il y a environ 6 ans, l'Institution of Mechanical Engineers, de Londres, sur la demande du regretté Bryan Donkin, avait constitué une Commission spéciale pour entreprendre des recherches en vue d'éclaircir tous les points encore restés obscurs du fonctionnement de la machine à vapeur. Les premières études de cette Commission ont porté sur l'influence de la condensation initiale dans le cylindre et sur la valeur pratique, encore très controversée, des enveloppes de vapeur; une question connexe a été également étudiée : l'influence des fuites au tiroir et au piston. Les résultats de ces études ont été donnés dans un volumineux Mémoire présenté par le professeur David-S. Capper, dans la séance de l'Institution du 17 mars; c'est ce Mémoire que résume l'article qui nous occupe, dû à M. F. Hofer. — En voici les conclusions : 1° les pertes par fuites à travers les joints des tiroirs sont à peu près indépendantes de la vitesse des organes de distribution; elles croissent à peu près proportionnellement à la différence de pression entre les deux espaces qu'elles font communiquer, sont inversement proportionnelles à la surface des recouvrements et peuvent être très importantes dans certains cas; 2° pour une machine fonctionnant sans enveloppe et pour un taux d'admission déterminé, la condensation initiale, en pour 100 de la vapeur totale consommée, diminue quand la température à l'admission augmente, tandis que la quantité de vapeur condensée par coup de piston augmente; en ne tenant pas compte des fuites, les résultats sont complètement différents et même quelquefois inversés; 3° la revaporisation dans les mêmes conditions est à peu près indépendante du chauffage de l'enveloppe et même quelquefois plus grande avec les enveloppes froides; elle est donc indépendante de la température moyenne des parois du cylindre; mais cette conclusion n'est vraie que pour les chiffres corrigés; 4° pour certaines vitesses et pour un taux d'admission donné, il existe des températures et des pressions de vapeur pour lesquelles la machine fonctionne plus économiquement sans enveloppe qu'avec enveloppes chauffées. C'est la première fois que ce fait a été clairement établi.

Influence des enveloppes de vapeur, par A.-L. Mellanby (Mémoire présenté à la séance de l'Institution of Mechanical Engineers, tenue à Liége, le 30 juin 1905 (*Engineering*, t. LXXX, p. 197-200 et 227-230, 11 et 13 août). Il est généralement admis que l'emploi des enveloppes de vapeur est utile pour les machines lentes, mais n'a aucune utilité dans les machines à grande vitesse, et qu'il est avantageux dans les machines monocylindres et à double expansion, mais que son efficacité est douteuse pour les machines à triple et quadruple expansion; mais beaucoup de points restent encore obscurs. Pour élucider un peu la question, l'auteur a fait sur une machine d'étude, à double expansion, de l'École technologique de Manchester, de nombreuses expériences qui complètent en certains points celles signalées dans l'analyse qui précède. Du long Mémoire dans lequel se trouvent relatées ces expériences, nous ne retiendrons que les conclusions suivantes : 1° les enveloppes ont une influence maximum lorsque le cylindre à haute pression tout entier et les extrémités du cylindre à basse pression sont entourés de vapeur vive; 2° quand le cylindre à haute pression est enveloppé, le travail total indiqué se trouve légèrement diminué; si c'est le cylindre à basse pression qui est enveloppé, il y a, au contraire, accroissement considérable du travail indiqué; 3° l'enveloppe du cylindre à haute pression a peu d'influence, mais celle du cylindre à basse pression a beaucoup d'influence sur la condensation initiale

(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

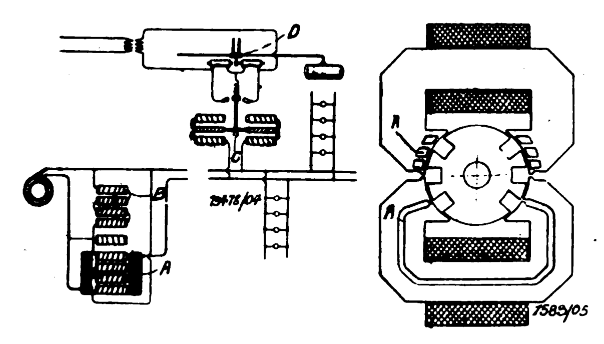
Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. Marks and Clerk, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Procédé pour l'intercalation de nouvelles lampes sur les circuits en série. CH.-M. GREEN (Brevet américain 793138, déposé le 3 nov. 1897, délivré le 27 juin 1905). — Dans le système d'alimentation des lampes en série, fort utilisé aux États-Unis pour l'éclairage public, l'addition de nouvelles lampes entraîne la nécessité d'augmenter la différence de potentiel à l'origine du circuit. Or, l'isolement des câbles ou des machines peut ne pas avoir été prévu pour supporter cette augmentation. Dans ce cas, l'inventeur préconise l'emploi de survolteurs répartis sur la ligne en nombre suffisant pour produire l'augmentation de tension nécessaire sans pour cela modifier sensiblement entre les deux câbles ou entre l'un d'eux et la terre.

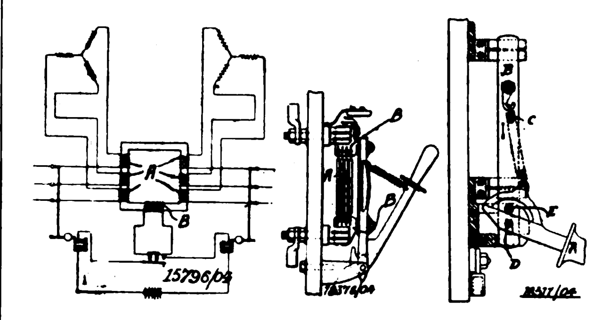
Régulateurs de tension pour distributions à courants alternatifs, BRITISH THOMSON HOUSTON Co (Brevet anglais 19478, 1904). — **Idem,** G. FINZI, Milan (Brevet anglais 1583, 1905). — Le premier dispositif consiste en un transformateur A, B, dont le circuit secondaire A, mobile, est en série sur la ligne, et dont le circuit primaire, fixe, est formé de deux parties en dérivation ayant sur le secondaire des effets d'induction opposés. Suivant la position de la bobine secondaire les forces électromotrices induites dans cette bobine s'ajoutent à la force électromotrice de la génératrice ou s'en retranchent. Cette position est réglée automatiquement au moyen d'une balance de Kelvin, C, qui commande l'ouverture ou la fermeture d'une soupape D



Régulateur Thomson-Houston. Régulateur Finzi.

permettant d'envoyer de l'air comprimé dans un cylindre dont le piston est relié à la bobine secondaire A. — Le brevet de M. Finzi indique un moyen de diminuer la réaction transversale due à l'enroulement secondaire dans les régulateurs d'induction du type représenté par la figure : ce moyen consiste à augmenter la réluctance du circuit magnétique que traverse ce flux transversal en creusant des canaux A, convenablement disposés, dans la substance magnétique. MARKS AND CLERK.

Disjoncteur automatique pour distributions à courants alternatifs, CH. MERZ, Londres, et B. PRICE, Newcastle (Brevet anglais 15796, 1904). — **Fusibles,** B.-S. HORNBY (Brevet anglais, 18378, 1904). — **Interrupteur,** J.-A. KENNEDY, Birmingham (Brevet anglais 18317, 1904). — Le but du disjoncteur Merz et Price est de couper le courant circulant dans une canalisation mono- ou polyphasée lorsqu'un défaut vient à se produire sur un ou plusieurs des conducteurs. La figure de gauche représente l'application du système à un réseau triphasé : les effets magnétiques des solénoïdes A se neutralisent dans les conditions normales de fonctionnement; mais, dès qu'un défaut se produit, cette neutralisation n'a pas lieu, un flux magnétique traverse le noyau et induit dans B des courants qui, au moyen d'un relais, font fonctionner des interrupteurs tripolaires. — Dans le dispositif Hornby, les fusibles A sont montés entre les deux couteaux B d'un interrupteur; ces couteaux sont isolés électriquement de la barre de cet interrupteur. Quand on veut changer les fusibles on ouvre l'interrupteur; le courant



se trouve coupé et l'on peut sans danger opérer le changement. — L'interrupteur Kennedy (figure de droite) est construit de manière à obtenir une rupture ou une fermeture brusque du circuit. Le levier de manœuvre A agit sur le couteau B par l'intermédiaire d'un ressort C; il est mobile autour d'un axe D et porte une anse dans laquelle s'engage une goupille E vissée sur le couteau; en abaissant le levier, l'anse entraîne la goupille et provoque le mouvement du couteau que le ressort, déjà fortement tendu, fait achever rapidement. MARKS AND CLERK.

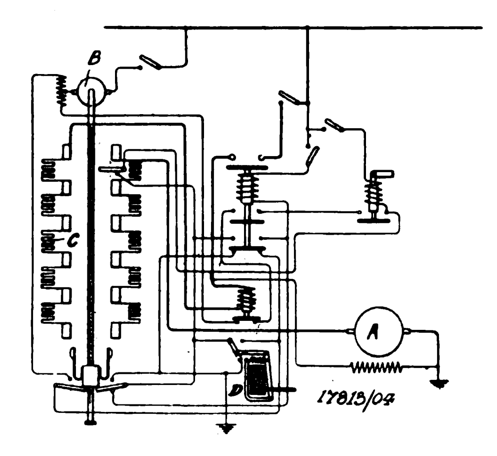
Dispositif pour la mise hors circuit automatique des conducteurs. L. WILSON (Brevet américain 795182, déposé le 20 nov. 1903, délivré le 18 juillet 1905). — Dans un réseau alimenté par plusieurs conducteurs en parallèle, les intensités de courant dans ces conducteurs sont généralement les mêmes, ou tout au moins sont maintenues dans les mêmes proportions. Pour mettre automatiquement hors circuit un de ces conducteurs dans le cas où il vient à être traversé par un courant anormal résultant d'un court-circuit ou d'une mise à la terre, l'inventeur utilise un relais constitué par un électro-aimant portant autant d'enroulements qu'il y a de circuits en parallèle, ces enroulements étant calculés de manière que, dans les conditions normales d'exploitation, leurs effets se balancent.

Disjoncteur à action différée. E. HEWLETT (Brevet américain 794981, déposé le 23 juin 1903, délivré le 25 juillet 1905). — Chaque circuit est muni d'un interrupteur mû par un segment denté qui est placé à proximité d'une vis sans fin continuellement en rotation. Quand l'intensité du courant dans le circuit devient excessive, un électro-aimant fait engrener le segment de la vis et l'interrupteur est ouvert au bout d'un certain temps; mais si, pendant ce temps, l'intensité du courant reprend sa valeur normale, l'électro-aimant cesse d'agir, le segment denté n'est plus entraîné par la vis et le circuit n'est pas rompu. La même vis sans fin peut commander les segments des interrupteurs de plusieurs circuits.

Parafoudre. T.-J. JOHNSTON (Brevet américain 793145, déposé le 8 novembre 1901, délivré le 27 juin 1905). — L'appareil est formé de cylindres métalliques isolés les uns des autres, séparés par de petits intervalles d'air et disposés en série entre deux conducteurs de la ligne; le cylindre du milieu est relié au sol au moyen d'une résistance suffisamment grande. En outre, et c'est là le point nouveau de l'invention, un condensateur est disposé en parallèle par rapport aux cylindres dans le but de dériver le courant qui passe sous forme d'arcs, et de rendre ces arcs instables.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Combinateurs pour moteurs, British Thomson-Houston Co (Brevets anglais 17809, 17813, 19885, 1904). — Le premier de ces brevets se rapporte à un combinateur pour moteurs fonctionnant successivement sous deux tensions; les connexions, qu'indique le schéma ci-dessus, sont telles que, lorsqu'on passe de la faible tension à la haute tension, des résistances se trouvent introduites en série dans le circuit à grande tension avant que le circuit à plus basse tension ne soit coupé; ces résistances sont ensuite enlevées graduellement du circuit par le jeu du combinateur. — Le second brevet est relatif à un dispositif de réglage d'un moteur actionnant un compresseur d'air. A ce moteur principal A est adjoint un petit moteur B faisant mouvoir une vis qui à son tour



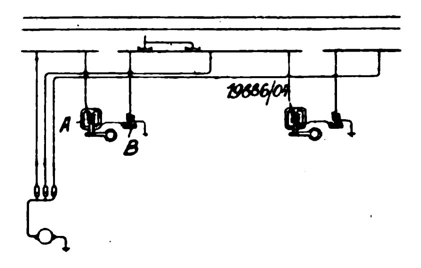
déplace un double contact mettant hors du circuit du moteur A une ou plusieurs des résistances C; ce moteur auxiliaire est mis en marche ou arrêté par le jeu d'un interrupteur commandé par une membrane manométrique D reliée au compresseur. Les électro-aimants, indiqués sur le schéma, coupent automatiquement les circuits de l'un ou l'autre moteur quand une surcharge dangereuse se produit. — Enfin le troisième combinateur se compose d'une résistance constituée par une bobine de fil A divisée en plusieurs tronçons; les extrémités de ces tronçons sont reliées à des touches disposées comme les lames d'un collecteur de dynamo, sur lesquelles frottent des ressorts; en tournant la bobine, et par suite le collecteur, on fait varier la résistance intercalée; le champ magnétique produit par la bobine est utilisé pour le soufflage des arcs dans le combinateur. Marks and Clerk.

Système de synchronisation de deux moteurs à courant continu. Gaumont et Cie, Paris (Brevet anglais 15708, 1904). — Sur l'arbre de chaque moteur sont disposées trois bagues respectivement reliées à trois points de l'armature; les bagues de l'un étant reliées aux bagues de l'autre moteur par trois fils, ces fils ne sont traversés par aucun courant tant que les moteurs ont même vitesse: mais, si ces vitesses diffèrent, il s'établit des courants de circulation tendant à rétablir l'égalité de vitesse. Ce système a été appliqué à des petits moteurs dont l'un fait mouvoir un phonographe et l'autre un cinématographe. Marks and Clerk.

Régulateur automatique de vitesse pour moteurs à répulsion. G.-H. Hill (Brevet américain 795392, déposé le 15 janvier 1904, délivré le 25 juillet 1905). — L'étude des réactions internes du flux magnétique d'un moteur à répulsion montre que la position des balais sur les commutateurs doit varier avec la vitesse. C'est cette propriété qu'utilise l'inventeur pour le réglage de la vitesse. Pour cela les balais sont montés sur un cadre circulaire relié mécaniquement à une sorte d'électrodynamomètre dont le couple de rotation dépend de l'intensité de courant prise par le moteur : quand cette intensité varie dans un sens, les balais tournent dans le sens correspondant à une variation contraire de l'intensité; on arrive ainsi à avoir un courant constant dans le moteur. L'intensité à partir de laquelle l'électrodynamomètre entre en jeu est réglée au moyen d'un contrepoids qui équilibre le couple de rotation jusqu'à une certaine limite.

Sur l'installation des signaux d'appel dans les mines, par H.-C. Hubbell [Communication faite au Western Pennsylvania Central Mining Institute le 20 déc. 1904. (*Mines and Minerals,* t. XXVI, p. 22, août 1905)]. — Dans beaucoup de mines les signaux d'appel sont installés suivant la méthode ordinairement suivie dans les installations ordinaires, c'est-à-dire qu'ils fonctionnent par fermeture d'un circuit contenant une sonnerie. D'après l'auteur, cette méthode est doublement défectueuse : en premier lieu, parce que les fils du circuit peuvent être rompus, ce qui arrive fréquemment dans les mines, sans qu'on s'en trouve averti; en second lieu, parce qu'il est alors nécessaire d'employer, en raison de la grande longueur des circuits, une sonnerie très résistante et un courant assez intense, ce qui donne lieu à des étincelles de rupture très dangereuses dans les mines grisouteuses. Aussi l'auteur recommande-t-il d'effectuer ces installations comme il suit : le circuit d'appel est constamment fermé et c'est par l'ouverture de ce circuit par le bouton d'appel que se produit le signal, au moyen d'un relais qui ferme le circuit d'une sonnerie. De la sorte, toute rupture accidentelle du circuit est immédiatement indiquée; en outre, en prenant un relais sensible et de faible self-induction, la rupture de ce circuit, traversé par un faible courant, ne peut donner lieu à des étincelles dangereuses. L'auteur recommande aussi d'enfermer les boutons d'appel dans des boîtes en étain ou en fonte et de protéger les fils dans le voisinage de ces boutons au moyen de tubes de fer, car il a reconnu par expérience que les ruptures accidentelles de circuit se produisent souvent près des boutons.

Signaux pour lignes de traction électrique à conducteur sectionné. British Thomson-Houston Co (Brevet anglais 19886, 1904). — Ces signaux ont pour but d'avertir le mécanicien d'un train qui va quitter une section si cette section est ou non en connexion avec la ligne d'alimentation.



A cet effet chaque section est reliée à la terre par l'intermédiaire d'un électro-aimant A qui commande le signal et d'un relais B actionné par les courants de la section précédente; si la section ainsi reliée à la terre n'est pas connectée à la ligne, l'électro-aimant n'est pas excité et le signal se met à l'arrêt. Marks and Clerk.

TRACTION.

Les problèmes de la traction électrique sur grandes distances, par CARL L. DE MURALT. — Communication présentée à la 22e Convention annuelle de l'*American Institute of Electrical Engineers,* à Asheville (N. C.), le 19-23 juin 1905 (*Proceedings of the American of Electrical Engineers,* t. XXIV, n° 6, p. 547-574, juin 1905).

Toutes les entreprises de traction sur voies ferrées peuvent se classer en trois catégories :

1° Tramways urbains;

2° Réseaux de transports rapides, comprenant les chemins de fer métropolitains, les lignes suburbaines et interurbaines, qui n'empruntent pas, comme les tramways, la voie publique, mais qui ont le même genre de trafic;

3° Grandes lignes, caractérisées par la combinaison du trafic-voyageurs et du trafic-marchandises, les grandes distances, les convois lourds, séparés par de longs intervalles, avec points d'arrêt peu nombreux et éloignés. Cette dernière condition, toutefois, n'est pas absolue, car on comprend dans cette catégorie tous les trains de longues distances, aussi bien omnibus qu'express.

Les conditions à satisfaire pour les deux premières catégories sont bien connues, et il est généralement admis aujourd'hui que la force motrice électrique est celle qui convient le mieux à leur service, avec emploi du moteur série à courant continu.

L'auteur ne s'occupera ici que de la question des grandes lignes, que beaucoup considèrent encore comme en dehors de la sphère des entreprises électriques, et recherchera quel est le meilleur système de traction électrique qu'elles comportent, dans l'état actuel de l'industrie. Pour ne pas se perdre dans la grande complexité des conditions générales possibles, l'auteur traite un cas particulier réel, dont une étude détaillée a été faite il y a quelque temps.

Conditions générales. — D'un point A (ville terminus) partent deux lignes, exploitées maintenant par la vapeur mais dont on propose l'électrification. La ligne A-B, longue de 280^{km}, fait partie d'un grand réseau. La ligne A-C, affectée au transport du minerai, est longue de 79^{km}. Les deux lignes sont à voie simple, mais à certaines stations est installée une seconde voie de 1^{km} de longueur environ. La longueur de voie totale est de 292^{km} pour A-B et de 83^{km} pour A-C. Nous complétons ces renseignements dans la note (1).

Puissance motrice à fournir aux trains. — Les poids approximatifs des locomotives électriques à adopter seraient : 40^t pour les trains de voyageurs omnibus; 75^t pour les trains de voyageurs express et les trains de marchandises à petite vitesse, 90^t pour les trains de marchandises à grande vitesse et les trains de minerai. Ayant ainsi les poids totaux des trains, on évalue les efforts résistants à surmonter pour la marche à vitesse normale et pour le démarrage. Les taux d'accélération adoptés ici, en mètres : seconde : seconde, varient de 0,036 (trains de minerai) à 0,15 (trains de voyageurs omnibus). (En milles : heure : seconde, 0,08 à 0,3.) Ces chiffres peuvent paraître faibles, mais ils sont supérieurs à ceux qu'on obtient avec les locomotives à vapeur actuellement en service. Avec un coefficient d'adhérence de 25 pour 100 entre bandages et rails, les locomotives électriques des trois types adoptés pourraient développer des efforts suffisants pour faire démarrer les trains sur les rampes les plus dures, avec une assez forte accélération.

De l'effort de traction nécessaire et de la vitesse adoptée on déduit les puissances que doivent développer les moteurs pour les deux lignes et les diverses sortes de trains. Le Tableau ci-dessous en donne les valeurs :

Nature des trains.	Puissance moyenne.	Puissance sur la rampe maxima.
	chx	chx
Voyageurs, omnibus	110	330
Express I	520	1220
Express II	740	1720
Marchandises, petite vitesse	230	840
Marchandises, grande vitesse, A à B	400	1400
Marchandises, grande vitesse, B à A	550	1930
Minerai, A à C	390	680
Minerai, C à A	370	1360

Considérations préliminaires. — Le problème en question peut être résolu de bien des façons,

(1) Il y a 16 stations entre A et B et 4 entre A et C. Les niveaux de A et de B sont sensiblement les mêmes, mais C est plus élevé d'environ 168^m, de sorte que la rampe moyenne de A à C est d'environ 2 pour 1000. La rampe maxima sur la ligne A-B est de 12 pour 1000 et les rampes maxima sur la ligne A-C sont de 6 pour 1000 dans le sens A-C et de 2 pour 1000 dans le sens C-A. Sur l'une et l'autre ligne, la courbe maxima est de 4°. La voie est normale.

Sur la ligne A-B il y a huit trains par jour dans chaque sens : deux trains omnibus, deux trains express, deux trains de marchandises à petite vitesse (s'arrêtant à toutes les stations) et deux trains de marchandises à grande vitesse (une seule station intermédiaire). Les poids de ces trains, sans les locomotives, sont les suivants : trains omnibus 125^t, trains express 300^t et 450^t, trains de marchandises 600^t à 1200^t. Les vitesses normales sont d'environ 40 km : h pour les trains omnibus, 56 km : h pour les trains express, 27 à 32 km : h pour les trains de marchandises.

Sur la ligne A-C il y a chaque jour trois trains de minerai dans chaque sens; ceux qui vont de C à A sont chargés et pèsent environ 3000^t, ceux qui vont de A à C sont vides et pèsent 800^t. Vitesse normale 24 km : h.

La plus lourde des locomotives à vapeur circulant sur ces lignes pèse 134^t, dont 83^t sur les roues motrices.

mais, pour le cas proposé, quatre systèmes seulement ont été sérieusement étudiés :

1° Moteurs de traction à courant continu, excités en série, alimentés par des sous-stations de commutatrices recevant elles-mêmes de l'usine génératrice des courants alternatifs triphasés.

2° Moteurs de traction asynchrones triphasés, alimentés par des sous-stations de transformateurs, recevant de l'usine génératrice des courants alternatifs triphasés.

3° Moteurs de traction à courant alternatif monophasé, alimentés par des sous-stations de transformateurs, qui recevraient de l'usine génératrice des courants alternatifs simples ou triphasés;

4° Moteurs de traction à courant continu, alimentés par des groupes moteurs-génératrices placés sur les locomotives, ces groupes recevant du courant alternatif monophasé de l'usine génératrice, avec ou sans intermédiaire de sous-stations de transformation.

Les deux premiers systèmes seuls ont été étudiés en détail et c'est entre eux que l'auteur établit une comparaison dans les lignes qui suivent.

Énergie absorbée par les trains. — On a relevé pour les points successifs du parcours, d'après le profil de la voie et l'horaire adopté, la puissance requise pour remorquer chaque train. On a calculé ensuite, d'après les courbes de fonctionnement des moteurs, la puissance à fournir à ceux-ci en chacun de ces points, ce qui a permis de tracer la courbe de charge pour le parcours entier. De cette courbe on a déduit le nombre total des kilowatts-heures, le nombre moyen des kilowatts et le nombre des watts-heures absorbés par tonne-kilomètre.

Pour les deux systèmes d'exploitation (courant continu et courants triphasés), le même taux d'accélération a été adopté. Pour l'arrêt, on laisse les trains ralentir d'eux-mêmes jusqu'à demi-vitesse environ, avant d'appliquer les freins. Pour les moteurs à courant continu, on emploie le mode de couplage série-parallèle, avec un engrenage d'un rapport tel que, pour la vitesse normale du train, le moteur soit dans les conditions de rendement maximum. Pour les moteurs triphasés, la régulation se fait par rhéostat et le rapport d'engrenage est déterminé de façon que la vitesse normale du train corresponde à la vitesse de synchronisme diminuée du glissement.

Après avoir relevé les chiffres relatifs à chaque train, on arrive aux résultats suivants :

	Courants	
	continu.	triphasé.
Consommation totale d'énergie, en kilowatts-heures	38547	38150
Charge journalière moyenne, en kilowatts (24 heures)	1606	1589

Il y a donc peu de différence entre les deux systèmes, en ce qui concerne l'énergie absorbée par les moteurs. Ce résultat est naturel, car, au démarrage, l'avantage du rendement est du côté des moteurs à courant continu, tandis qu'à vitesse normale il est du côté des moteurs triphasés. Le couplage en cascade de ceux-ci pendant les périodes d'accélération et de ralentissement pourrait accentuer un peu leur avantage; mais, de toute façon, la différence ne serait que de 1 ou 2 pour 100, dans un sens ou dans l'autre.

Ligne de prise de courant. — Ici apparaît une différence sensible entre les deux systèmes; elle vient surtout de la limite qui s'impose à la tension d'alimentation des moteurs à courant continu. Cette tension, jusqu'ici, a rarement dépassé 650 volts ou 700 volts; cependant, dans le cas actuel, on a choisi 1000 volts, ce qui serait probablement réalisable pour des moteurs de cette puissance. Mais, même à cette tension, le courant à recueillir est très intense : 1450 ampères pour les express et 1600 ampères pour les trains de marchandises et de minerai (qui exigent respectivement 1450 et 1600 kilowatts) et la baisse inévitable de la tension en ligne accroîtra encore cette intensité. Le trôlet aérien ne peut convenir pour de pareils courants et l'on doit recourir à un troisième rail, soit au niveau du sol, soit supporté au-dessus de la voie.

Les alternomoteurs s'accommodant de tensions beaucoup plus fortes, on prendra dans le système triphasé une tension de 5000 volts, à laquelle correspondra un courant maximum de 185 ampères par phase. On adoptera donc dans ce cas une ligne aérienne en cuivre du système usuel.

L'auteur évalue les frais d'installation de ces deux lignes de prise de courant et arrive aux chiffres suivants :

Troisième rail	4180000^{fr}
Double trôlet aérien	2800000^{fr}

Sous-stations. — Il convient d'espacer les sous-stations de façon à les faire coïncider autant que possible avec les stations du chemin de fer, c'est-à-dire qu'elles seront placées à des intervalles d'environ 16^{km}. Deux trains au maximum pourront se trouver entre deux sous-stations consécutives; en admettant les conditions les plus défavorables pour ces deux trains à la fois, on trouve que la chute de tension sera de 70 pour 100 dans le troisième rail et de 15 pour 100 dans le trôlet. Quoique très élevées, ces valeurs sont acceptables, car elles ne représentent que des maxima qui seront très rarement atteints. On pourrait d'ailleurs les diminuer en ajoutant des feeders. On peut tolérer une baisse de tension plus grande dans le système à courant

continu, où elle affecte seulement la vitesse et non le couple des moteurs, que dans le système triphasé, où elle produit l'effet inverse.

Dans l'un et l'autre système, les sous-stations devront pouvoir fournir une charge maxima de 1200 kilowatts chacune (charge correspondant au cas où deux des trains les plus lourds approchent simultanément de la sous-station). Mais la puissance normale à fournir est beaucoup plus faible : 350 kilowatts par sous-station, si on les construit toutes identiques. Or il est facile d'établir un transformateur statique de 350 kilowatts de puissance normale et pouvant donner 1200 kilowatts pendant de courtes périodes, mais les commutatrices ne peuvent être surchargées de plus de 100 pour 100. Les sous-stations de commutatrices auront donc une puissance normale de 600 kilowatts et pourront en donner 1200 pendant une courte période. L'emploi de batteries d'accumulateurs donnerait une solution plus onéreuse.

Les frais d'installation des sous-stations, dans les deux systèmes, s'établissent ainsi :

23 sous-stations de commutatrices, complètement montées, à 120000fr chacune	2760000fr
23 sous-stations de transformateurs, complètement montées, à 10500fr chacune	241500fr

Ligne de transmission. — La ligne de transmission à haut potentiel peut être construite de manière identique dans les deux systèmes. On ne la fera pas supporter par les poteaux de la ligne de prise de courant; il est préférable de la construire entièrement à part. Dans ces conditions, son prix sera de 3 400 000fr.

Usine génératrice. — L'usine génératrice doit fournir la puissance nécessaire à la propulsion des trains, augmentée des pertes. Celles-ci ont été évaluées par des calculs approximatifs, conduisant aux valeurs suivantes :

	Courants	
	continu.	triphasé.
	kw	kw
Énergie fournie aux trains	1600	1600
Pertes dans la ligne de prise de courant	112	32
Pertes dans les commutatrices	448	»
» les transformateurs	143	137
» la ligne de transmission	46	35
Total	2349	1804

Ceci représente pour la transmission un rendement de 68 pour 100 environ dans le cas du courant continu et de 88 pour 100 environ dans le cas du courant triphasé.

Les chiffres précédents ne se rapportent qu'aux puissances moyennes. La puissance maxima à fournir aux trains est de 2475 kilowatts; les rendements dans ce cas sont respectivement de 71 pour 100 et 89 pour 100. Il faut ajouter 500 kilowatts environ pour la commande des aiguillages, l'éclairage des gares, etc. Donc la puissance totale engendrée par l'usine devra être de 2850 kilowatts en moyenne et de 3990 kilowatts au maximum, dans le cas du courant continu, de 2300 kilowatts en moyenne et de 3280 kilowatts au maximum, dans le cas du courant triphasé. Comme, dans l'exemple actuel, la puissance motrice est fournie par des turbines hydrauliques qu'on ne peut surcharger de plus de 20 pour 100, il faudra une usine de 5000 chevaux dans le cas du courant continu, une usine de 4000 chevaux dans le cas du courant triphasé. Le prix du cheval hydraulique est ici de 725fr. Les frais d'installation de l'usine s'établissent donc ainsi :

Usine génératrice pour le système à courant continu : 5000 chevaux à 725fr	3 625 000fr
Usine génératrice pour le système à courant triphasé : 4000 chevaux à 725fr	2 900 000fr

Frais de premier établissement. — En résumé, les frais de premier établissement, pour les deux systèmes, sont les suivants :

	Courants	
	continu.	triphasé.
	fr	fr
Ligne de prise de courant	4 180 000	2 800 000
Sous-stations	2 760 000	241 500
Ligne de transmission	3 400 000	3 400 000
Usine génératrice	3 625 000	2 900 000
Total	13 965 000	9 341 500

Les frais de premier établissement du matériel roulant, moteurs compris, sont à peu près les mêmes dans les deux systèmes. On voit donc que le courant triphasé a un grand avantage sur le courant continu, en ce qui concerne les frais de premier établissement.

Frais d'exploitation. — On voit facilement qu'ils sont aussi bien moindres avec le système à courant triphasé, pour plusieurs raisons : d'abord la puissance à fournir est moins grande, ensuite l'absence des commutatrices et l'emploi de moteurs dépourvus de collecteurs diminuent les frais de main-d'œuvre et de réparation.

L'étude économique de la question conduit donc à l'adoption du système triphasé.

L'auteur examine ensuite les diverses objections que l'on fait d'ordinaire à l'emploi des moteurs asynchrones polyphasés. Plusieurs ne lui paraissent pas fondées et aucune d'elles, suivant lui, n'est grave dans le cas considéré. Nous résumons en

note (¹) cette partie de sa Communication. Il conclut ensuite :

Il semble donc que pour la ligne considérée le système de distribution par courant triphasé est moins cher à installer, moins cher à exploiter que le système à courant continu, et qu'en outre le moteur triphasé est au moins l'égal du moteur série à courant continu sous tous rapports et lui est supérieur en plusieurs points importants. Une seule difficulté subsiste : c'est celle des deux trôlets aériens que le système triphasé rend nécessaires. Mais ce n'est pas là un obstacle sérieux, et ce qui le prouve, c'est que plusieurs lignes de traction triphasées, dont certaines ont des aiguillages très compliqués, ont été construites et sont exploitées avec un succès complet. L'entretien d'une ligne double est évidemment un peu plus coûteux que celui d'une ligne simple, mais il faut se rappeler que ces frais sont peu de chose à côté de ceux de l'entretien des moteurs et que sous ce rapport les moteurs triphasés, dépourvus de collecteurs, feront réaliser une forte économie.

Pour le chemin de fer considéré, le système triphasé pourrait donc être choisi sans hésitation.

Quoiqu'il soit difficile, comme on l'a dit en commençant, d'arriver à des conclusions générales, on

---

(¹) On a prétendu que le moteur asynchrone triphasé a un mauvais rendement, que son poids et son prix sont supérieurs à ceux du moteur à courant continu, que l'étroitesse de l'entrefer cause souvent des difficultés, que le facteur de puissance est bas, la capacité de surcharge faible et enfin que ses caractéristiques de vitesse le rendent impropre à la traction. Prenons séparément chaque objection.

Rendement. — A vitesse normale, le moteur asynchrone polyphasé a un meilleur rendement que le moteur à courant continu. Au démarrage, l'un et l'autre exigent l'insertion d'un rhéostat dans le circuit et le rendement dans ces conditions est mauvais pour l'un comme pour l'autre. Quand toutefois deux moteurs ou davantage sont installés sur une même voiture, il est possible avec le courant continu, en couplant d'abord en série, puis en parallèle, d'épargner une grande partie des pertes dans le rhéostat. Or le couplage en cascade permet d'obtenir le même résultat avec les moteurs triphasés et, en outre, de récupérer une partie de l'énergie pendant la période de freinage.

En admettant même que le moteur triphasé ait un rendement un peu plus bas au démarrage, cet inconvénient serait compensé, dans la traction à grande distance, par son meilleur rendement dans le reste du parcours. En un mot, l'énergie totale consommée dans un trajet un peu long sans arrêt sera sensiblement la même pour les moteurs triphasés et les moteurs à courant continu.

Poids et prix. — Si l'on compare deux moteurs des deux types considérés, tous deux de construction moderne et soignée, le poids du moteur triphasé ne sera que les trois quarts du poids du moteur à courant continu; les pertes sont en effet plus faibles et le rayonnement de la chaleur plus facile dans le moteur triphasé. D'autre part, si le prix de vente des deux moteurs est considéré comme proportionnel à leur prix de revient, le moteur triphasé sera certainement moins cher que le moteur à courant continu.

Entrefer étroit. — L'étroitesse de l'entrefer n'a pas d'autres conséquences que d'obliger à allonger les coussinets, ce qui ne présente pas de difficultés, d'autant plus que le rotor du moteur triphasé laisse beaucoup plus d'espace disponible pour les paliers que le moteur à courant continu.

Facteur de puissance trop bas. — Une installation moderne à courant continu, avec sous-stations de commutatrices, aura un facteur de puissance d'environ 95 pour 100. Avec les moteurs triphasés modernes, le facteur de puissance de toute l'installation, au moment de la consommation maxima, sera d'environ 80 pour 100. Du fait du facteur de puissance, l'intensité serait de 15 pour 100 plus forte dans le système triphasé; mais, comme on a vu que l'énergie à fournir est de 25 pour 100 plus grande avec le courant continu, l'avantage reste encore, au point de vue de l'intensité, au courant triphasé.

Capacité de surcharge — Ceci n'est encore qu'une question de construction. La puissance normale de tout moteur est déterminée par l'échauffement de ses enroulements. La surcharge qu'un moteur déterminé peut supporter est fixée, dans le moteur à courant continu, par le fonctionnement du collecteur, et dans le cas du moteur triphasé par l'influence des courants induits, dont la réaction annule le champ magnétique. Les moteurs à courant continu peuvent être construits de façon à être capables de supporter une charge six fois plus forte que la charge normale, ce qui est bien suffisant pour le service de la traction. La surcharge que peuvent supporter les moteurs triphasés est ordinairement 2,5 à 3 fois la charge normale, selon le mode de construction adopté jusqu'ici. Mais rien n'empêche de construire des moteurs triphasés pouvant supporter 6, 8 ou 10 fois la charge normale.

Caractéristiques de vitesse. — On a souvent dit que le moteur triphasé est impropre à la traction parce qu'il n'a pas les caractéristiques des moteurs excités en série. Mais précisément ces caractéristiques ne conviennent pas du tout au cas considéré. Sur les grandes lignes, pour les trains omnibus comme pour les trains express, on ne peut maintenir une vitesse commerciale élevée que si la vitesse entre les stations est aussi constante que possible et indépendante de la charge, c'est-à-dire si les caractéristiques du moteur sont celles des moteurs excités en dérivation.

Si l'on veut pouvoir faire marcher un train donné à deux vitesses différentes tout en conservant un bon rendement, les moteurs à courant continu et les moteurs triphasés sont absolument équivalents sous ce rapport : avec les premiers on emploiera les couplages série-parallèle, avec les seconds, les couplages en cascade.

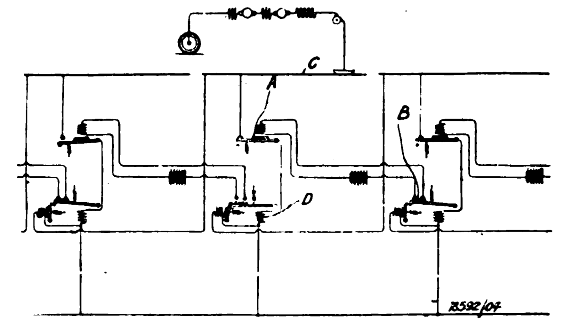
Démarrage et accélération. — Une accélération rapide n'est ordinairement pas nécessaire dans la traction sur grandes distances. Cependant, si on voulait la réaliser, on y arriverait aussi facilement avec le moteur triphasé qu'avec le moteur à courant continu, car l'on peut faire développer au premier un couple maximum au moins aussi grand que celui du second, les dimensions étant les mêmes.

Ce qui est plus important pour la traction sur grandes distances, c'est le fait que, pour une accélération lente, le moteur triphasé consommera moins de courant que le moteur à courant continu Dans l'un et l'autre, le couple de démarrage est proportionnel au produit du flux magnétique par l'intensité du courant; mais le flux magnétique du moteur triphasé est pratiquement constant, tandis que celui du moteur série continu est fonction de l'intensité et décroît plus vite qu'elle. On constate en effet que les pointes des courbes de charge sont bien moins élevées dans le cas du courant triphasé que dans celui du courant continu.

peut voir que les avantages du système triphasé diminuent si les stations sont plus rapprochées et les trains plus légers qu'on ne l'a supposé, et s'accentuent dans le cas inverse. De plus, partout où la voie présente de longues pentes, le moteur triphasé a l'avantage spécial de permettre la récupération de l'énergie.

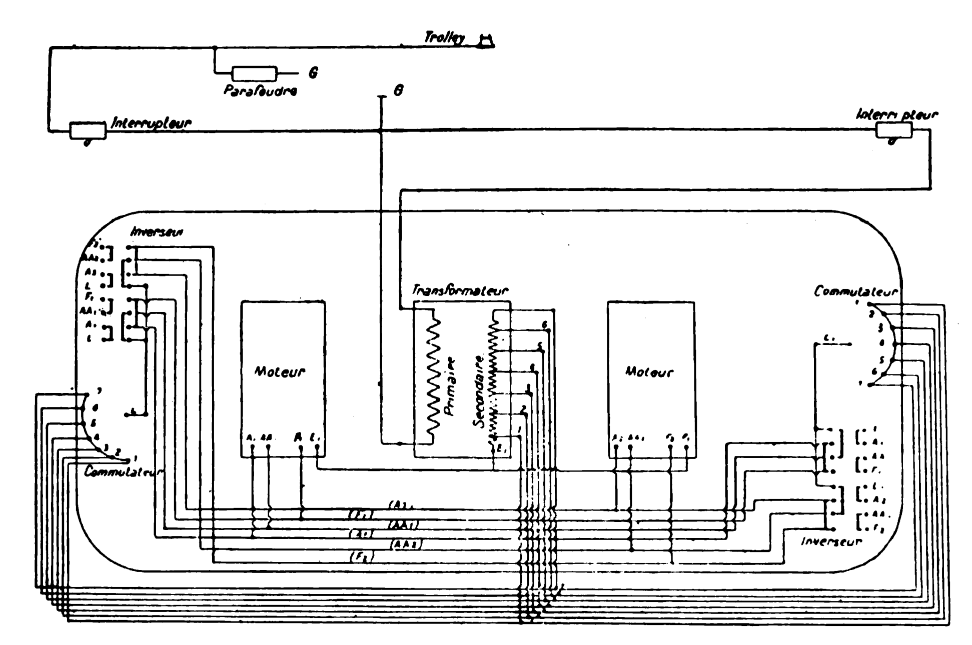
Le plus grand progrès que la traction électrique à grande distance ferait réaliser sur la traction à vapeur, c'est la puissance pratiquement illimitée qu'on peut faire produire à une locomotive électrique, et qui permettrait d'accroître le poids des trains, l'inclinaison des pentes et aussi la vitesse si on le désirait. Quant au moteur triphasé, c'est probablement la machine électrique la plus robuste et la plus parfaite, au point de vue mécanique, qui existe aujourd'hui et l'auteur espère qu'on l'utilisera bientôt largement dans la traction sur voies ferrées. P. L.

Système de traction à conducteur sectionné. General electric Co (Brevet anglais 18592, 1904). — L'interrupteur A placé sur le circuit retenant le feeder au conducteur de prise de courant est commandé par un électro-aimant excité par une source dont le circuit est fermé par un interrupteur D. Quand la prise de courant arrive sur la section C un courant traverse le solénoïde D qui ouvre l'interrupteur B correspondant à la section précédente, et l'in-



terrupteur A de cette même section se trouve à son tour ouvert. Marks and Clerk.

Essais de traction à courant alternatif simple à Paris (*Bulletin Thomson-Houston*, n° 128). — Depuis quelques mois la compagnie Thomson-Houston a mis à l'essai sur une petite ligne de 690m parcourue en navette par une unique voiture, à Malakoff, près de Paris, une voiture munie de



deux moteurs Marius Latour alimentés par un courant alternatif simple à 25 périodes de 500 volts. Ce courant est fourni par un groupe moteur-générateur, dont le moteur à courant continu, branché sur un feeder à 500 volts de la Compagnie générale parisienne de tramways, actionne un alternateur monophasé. — Les deux moteurs Latour de la voiture d'essai sont à quatre pôles et d'une puissance de 50 chevaux sous 300 volts avec 75° d'échauffement maximum après 1 heure de marche. Leur rendement est de 84 pour 100; l'entrefer est de 2mm et la réduction d'engrenages 4,6. — Bien que la tension de la ligne d'alimentation soit seulement de 500 volts (les règlements administratifs s'opposant à l'emploi d'une plus haute tension), on a disposé au-dessous de la voiture un transformateur réducteur de tension, afin de s'approcher autant que possible des conditions d'équipement d'une voiture à haute tension. Ce transformateur, plongé dans une cuve à huile, permet de baisser la tension à 300 volts, et au-dessous, le réglage de la vitesse des moteurs s'effectuant par variation de la tension aux bornes. La figure ci-jointe indique le schéma général de l'équipement. — Les essais faits avec cette voiture ont montré que l'entrefer des moteurs pourrait être augmenté sans inconvénient et que ces moteurs peuvent démarrer facilement avec trois fois leur couple normal, soit avec le couple correspondant à la puissance de 150 chevaux.



TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Les systèmes de rappel de l'Administration des Télégraphes belges, par J. PIÉRART, contrôleur des Télégraphes (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXII, p. 437-445, juillet 1905).

Pour satisfaire aux besoins, de jour en jour plus grands, du public, l'Administration des Télégraphes belges, après avoir doté de bureaux télégraphiques tous les centres ruraux de quelque importance, s'est imposé l'installation de postes dans beaucoup d'agglomérations de très faible densité de population. Les postes de ce genre n'ayant jamais qu'un trafic extrêmement faible, il est de toute nécessité de réduire au minimum les frais d'installation aussi bien que les frais d'exploitation.

Pour arriver à réduire ces derniers, le service télégraphique est confié à un agent d'une autre administration publique (chef de halte d'un chemin de fer, sous-percepteur des postes, préposé à la manœuvre des écluses, etc.) qui l'assure concurremment avec l'exécution de son travail normal.

Quant aux frais d'installation, leur réduction est obtenue en intercalant les nouveaux postes, toutes les fois que cela est possible, sur une ligne déjà existante desservant deux bureaux situés de part et d'autre de la nouvelle localité à desservir.

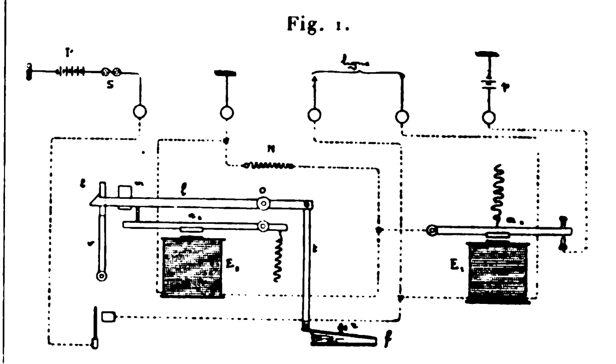
Mais cette solution peut avoir des inconvénients dans certains cas. Si, en effet, les postes ainsi intercalés sont nombreux, le desservant de chacun d'eux pourra se trouver souvent dérangé uniquement pour l'établissement et la rupture des liaisons temporaires nécessaires à l'écoulement des dépêches déposées dans les postes voisins ou en destination de ces postes. Il en sera encore de même si les postes intercalés sont peu nombreux, mais se trouvent situés entre deux bureaux ayant un trafic un peu chargé. Dans ces conditions les agents chargés du service des postes intercalés ne sauraient suffire à leur besogne et, y suffiraient-ils, qu'il en résulterait nécessairement des pertes de temps considérables dans la transmission des télégrammes.

Pour obvier à cet inconvénient, il était nécessaire de munir les postes secondaires de dispositifs dits « de rappel » leur permettant de se maintenir normalement hors du circuit, c'est-à-dire de joindre les deux sections du fil sur lequel ils sont interposés, de façon que le conducteur ne fasse en réalité que passer chez eux sans y être coupé, et leur permettant en outre d'être avertis, par un signal spécial, qu'un télégramme doit leur être transmis. L'agent chargé du poste n'a plus alors à s'inquiéter des courants émis sur la ligne et qui ne lui sont pas destinés; quand le signal spécial l'informe qu'un télégramme doit lui être transmis, il n'a qu'à mettre son appareil en circuit, puis à le retirer dès que la réception est effectuée; s'il a lui-même une dépêche à expédier, il n'a qu'à s'assurer que la ligne est libre avant d'effectuer les ruptures et les liaisons nécessaires pour la transmission.

Dans son article M. J. Piérart décrit trois appareils réalisant les conditions ci-dessus. Les deux premiers ont ce point commun que le signal d'appel est obtenu par l'émission d'un courant d'une durée relativement longue par rapport aux courants utilisés pour la transmission; dans le troisième ce signal est produit par une augmentation de l'intensité du courant. Le premier et troisième sont employés chaque fois que le signal d'appel doit persister jusqu'au moment où le préposé (qui peut être occupé loin de son poste) vienne mettre un terme à ce signal; le second est réservé aux cas où l'agent chargé du service se tient en permanence à proximité des appareils. Voici d'ailleurs la description que donne l'auteur de ces trois appareils :

Avertisseur Buels. — C'est un appareil inventé par M. Buels, inspecteur de direction à l'administration centrale des télégraphes et membre du conseil général de notre Société. Il comprend un électro-aimant en fer à cheval E_1 (fig. 1), avec son armature a_1, dont les mouvements sont

Fig. 1.



répétés, à l'intervention d'une pile locale p, par l'armature a_2, d'un second électro-aimant E_2, en fer à cheval aussi. Cette dernière armature, dans sa position de repos, maintient soulevée l'extrémité d'un levier l, susceptible de basculer autour d'un pivot o, et terminé d'un côté par un bec b, auquel s'accroche un volet v, qui, en tombant, transmet le courant de la pile de travail P sur les deux sections de fil établies en communication directe. Ce courant passe dans la sonnerie S (100 ohms) qu'il actionne; il affecte donc la forme d'une suite de courants brefs, autrement dit d'un « roulement ». A l'autre bout, le levier l est relié par une tringle de cuivre t à un petit soufflet de forge f. L'électro-aimant E_1 se trouve intercalé dans le circuit de la ligne et les signaux échangés de part et d'autre sont, par conséquent, reproduits par l'armature a_1; cette dernière, ainsi que nous l'avons expliqué, les retransmet vers l'électro-aimant E_2. A chaque signal, l'armature a_2 s'abaisse donc et permet au levier l de descendre; seulement, le déplacement de celui-ci est gouverné par le soufflet : il ne peut descendre du côté du volet, qu'à mesure que le soufflet, en s'ouvrant, lui permet de monter de l'autre côté. A l'état de repos du levier, le soufflet est fermé et, naturellement, l'air s'en

trouve chassé. Quand le levier bascule, l'air y est admis; cependant, cette admission se fait lentement et de telle façon que le soufflet ne puisse se développer que graduellement. Dès que le levier cesse d'être soutenu par l'armature a_2, ce qui se présente quand un signal se forme, la branche d'avant descend et le soufflet commence à s'ouvrir; mais, en raison de la durée relativement courte des émissions télégraphiques, cette armature se relève presque immédiatement après avoir été abaissée, ce sous l'action de son ressort de rappel. Le soufflet qui commençait à s'ouvrir se trouve aussitôt refermé et le volet demeure accroché. Pour que ce dernier puisse se décrocher et tomber, il faut que l'armature a reste abaissée pendant cinq secondes au moins, afin de permettre au soufflet de s'ouvrir complètement et au levier d'arriver jusqu'au bout de sa course.

Cela étant, le fonctionnement de l'appareil s'explique de lui-même. Les postes voisins travaillent entre eux sans que les signaux échangés puissent provoquer la chute du volet. L'un d'eux désire-t-il faire intervenir le bureau intermédiaire, il lance un courant permanent d'une durée de cinq secondes ou plus; dans ces conditions, le volet de l'avertisseur tombe et ledit bureau est à l'instant prévenu par la sonnerie entrant en vibration. De plus, le poste appelant peut constater que l'effet voulu s'est produit : quand le volet est abaissé, il perçoit dans son appareil récepteur le « roulement » transmis de la manière indiquée plus avant. S'il ne recevait pas le roulement, après avoir envoyé le courant de rappel, il aurait à recommencer l'émission en la prolongeant quelque peu et il en agirait ainsi jusqu'au moment où il pourrait contrôler la chute du volet.

Lorsque le bureau pourvu d'un avertisseur Buels désire lui-même communiquer de l'un ou de l'autre côté, il observe l'avertisseur pendant quelques instants et s'assure de ce qu'aucune communication ne se trouve engagée; puis il rentre en circuit et il appelle dans la direction voulue. Ainsi que nous l'avons dit, il rétablit la communication directe aussitôt que son travail est achevé.

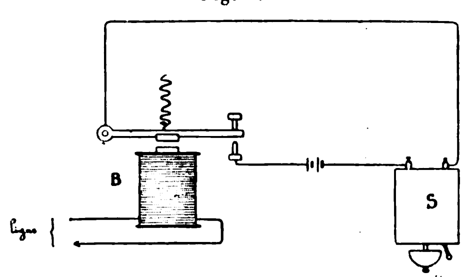
Les ressorts antagonistes des armatures sont à tension variable. Une petite masse de cuivre m, susceptible de glisser le long du levier l, du côté du volet, et faisant l'office de contrepoids, détermine la vitesse de descente de ce levier; un minuscule robinet de cuivre r, fixé sur le soufflet, règle l'admission de l'air dans celui-ci. La position de la petite masse m et celle de la clef du robinet se déterminent une fois pour toutes, avant la mise en service de l'appareil.

Le soufflet se confectionne à l'aide de deux pièces de bois dur réunies par une membrane formée d'une mince feuille de gutta-percha prise, par une exposition très courte à la chaleur, entre deux feuilles de papier pelure.

L'électro-aimant E_2 (120 ohms) est pourvu d'un shunt N (500 ohms) destiné à prévenir la production d'étincelles au contact du levier de l'armature a_1 avec son butoir inférieur. La résistance des bobines de E_1 est égale à 200 ohms.

Dispositif de rappel « pour bureaux de poste ». — C'est un petit relais B (fig. 2), intercalé dans la liaison des deux sections de conducteur connectées et pouvant actionner une sonnerie d'appartement S, ce à l'intervention d'une couple d'éléments de pile. Les courants échangés sur la ligne agissent sur le relais, lequel fait vibrer la sonnerie; mais les roulements de celle-ci, en reproduisant simplement les émissions constitutives des signaux télégraphiques, ont un caractère essentiellement intermittent. Lorsque le poste intermédiaire doit être rappelé, l'un ou l'autre des bureaux voisins appuie pendant environ cinq secondes sur son manipulateur préalablement mis en relation avec la ligne; l'abaissement de l'armature persiste alors durant le même laps de temps et la sonnerie fait entendre un roulement prolongé, qui constitue, pour le bureau rappelé, le signal d'invitation à rentrer dans le circuit. Comme toujours, le bureau intermédiaire, avant de rompre la liaison pour l'échange d'une correspondance au départ de chez lui, s'assure de ce que la ligne est libre, ce que lui indique le non fonctionnement de

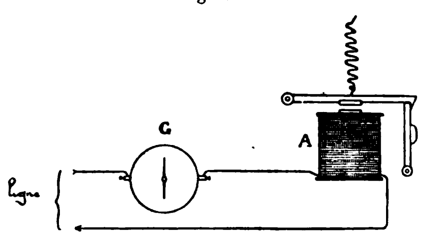
Fig. 2.



la sonnerie. Le timbre de cette dernière est en bois. De cette manière, les roulements se trouvent assourdis et ne peuvent en aucune façon incommoder les opérateurs qui les perçoivent. Le petit relais présente 200 ohms de résistance.

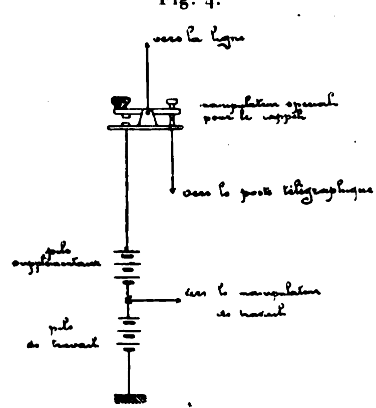
Arrangement de rappel par courant renforcé. — Dans ce système, l'appareil intermédiaire est un annonciateur à clapet A (fig. 3), dont l'armature se trouve réglée de manière

Fig. 3.



à ne répondre qu'à des courants d'une intensité double, pour le moins, de celle des émissions normales de travail. Nous utilisons généralement un annonciateur d'un type ancien — peu sensible — à électro-aimant en fer à cheval et dont les bobines sont reliées en quantité. La résistance de l'organe est ainsi de 125 ohms. A côté de l'annonciateur, dans la

Fig. 4.



jonction des deux sections de fil, se trouve placé un galvanoscope G, permettant à l'employé de se rendre compte de l'état d'occupation de la ligne; l'immobilité de l'aiguille montre que le conducteur est libre. La résistance du galvanoscope est de 100 ohms.

Dans les deux bureaux immédiatement voisins est installée une pile supplémentaire, calculée de telle façon que sa force électromotrice ajoutée à celle de la pile de travail puisse fournir un courant suffisamment intense pour faire tomber le volet de l'annonciateur de rappel. La figure 4 fait voir le schéma des liaisons établies. L'émission des courants de rappel s'effectue à l'aide d'un manipulateur spécial introduit dans la liaison de la ligne avec le poste télégraphique.

Un signal quelconque transmis par ce manipulateur actionne l'annonciateur de rappel et le volet, en tombant, fait, comme d'habitude, marcher une sonnerie. Celle-ci ne cesse de vibrer que quand l'agent du bureau intermédiaire vient relever le volet et répondre à l'appel.

Normalement, la pile supplémentaire devrait être égale à la pile de travail, puisqu'il s'agit de doubler l'intensité du courant utilisé. En Belgique, cependant, où tous les postes télégraphiques comportent l'adjonction d'appareils du système Van Rysselberghe, dont la résistance totale est de 1000 ohms, il a suffi d'un complément de 10 éléments. Le courant normal est fourni par la pile de travail et doit franchir les appareils dont il vient d'être question. Le courant de rappel est émis par la pile de travail, renforcée de 10 éléments, et il évite ces appareils, pour se rendre directement sur la ligne.

Télégraphie sans fil dans une direction déterminée, système ARTOM (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 3 août 1905, d'après *Atti della Reale Accademia dei Lincei*).

Lorsqu'on produit simultanément deux vibrations électriques rectangulaires, d'égale amplitude, de même fréquence, et ayant entre elles une différence de phase de $\frac{1}{4}$ de période, on obtient des vibrations douées de la polarisation rotatoire (*voir* en particulier RIGHI, *Wied. Ann.*, 1894). Si les conditions théoriques sont parfaitement remplies, des ondes électriques, polarisées circulairement, doivent se produire dans une direction déterminée qui est perpendiculaire au plan des oscillations.

Artom s'est efforcé de mettre en pratique ces déductions théoriques et de les appliquer à la télégraphie sans fil. Il s'est appuyé pour cela sur une propriété des courants alternatifs servant à la production des champs tournants, propriété qui peut s'étendre également, avec une approximation suffisante, aux courants oscillatoires ([1]).

Soient M, N et P (*fig.* 3) trois conducteurs disposés aux angles d'un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit sont égaux. La décharge peut s'effectuer entre N et M ou entre N et P. La disposition est telle que les oscillations entre M et N ou entre N et P ont des valeurs égales et sont décalées de 90°, de sorte que les équations (1) et (2) de la note précédente sont satisfaites. C est une capacité et S une self-induction.

Ces conditions étant remplies, on obtient, en supposant de faibles valeurs pour C et L_2, deux décharges de même amplitude, dont l'une, MN, peut être considérée comme provenant d'un circuit oscillatoire primaire, l'autre, NP, d'un résonateur.

Artom a fait des expériences pour déterminer si le champ produit par ces deux oscillations a bien les propriétés déduites théoriquement. En ce qui concerne le champ magnétique tournant, il se borna à observer les courants qui étaient provoqués dans des solénoïdes disposés en différents points du champ; il renonça à l'étude des actions mécaniques, parce que les effets de l'hystérésis magnétique étaient détruits par les hautes fréquences employées. Au contraire, il observa très bien les effets du champ électrique tournant. De légères cloches de verre tournaient sur de fines pointes lorsqu'elles étaient disposées à 20^{cm} ou 30^{cm} de l'oscillateur. Si l'on changeait les jonctions de façon que MN devînt cir-

([1]) Soient deux portions de circuit MN et NP (*fig.* 1) parcourues par le même courant alternatif. On peut faire en sorte que les courants dans MN et NP aient la même intensité ($I_a = I_b$), mais que les phases soient décalées de $\frac{\pi}{2}$,

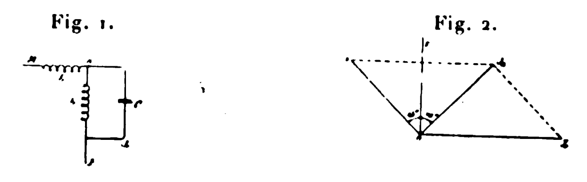


Fig. 1. Fig. 2.

en montant parallèlement à NP un condensateur de capacité convenable.

Soit V la différence de potentiel aux extrémités de NP; elle est représentée par OV en figure 2. I_c doit être alors représentée par une ligne I_c perpendiculaire à OV et de valeur ωCV. Si l'on désigne par r_2 la résistance ohmique et L_2 la self-induction de NP, on a

$$I_b = \frac{V}{\sqrt{r_2^2 + \omega^2 L_2^2}}.$$

De plus, I_b est en retard sur V d'un angle dont la tangente est $\frac{\omega L_2}{r_2}$. Si

$$(1) \qquad \omega_2 L_2 = r_2,$$

cet angle de décalage est de 45°.

De la figure 2 résulte aussi que I_a, résultante de I_b et de I_c, est égale à I_b et décalée de 90° par rapport à I_b, si

$$I_c = 2 I_b \cos 45°$$

ou

$$\omega CV = \frac{2V}{\sqrt{r_2^2 + \omega^2 L_2^2}} \frac{1}{\sqrt{2}},$$

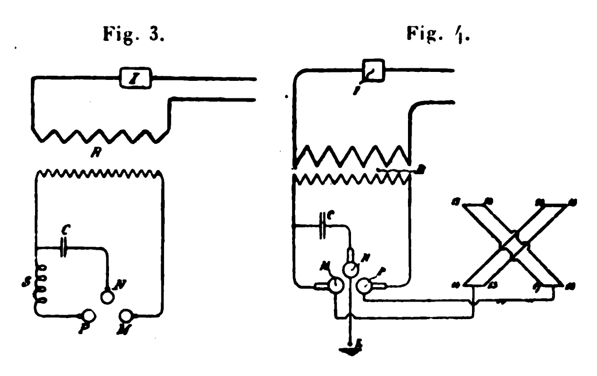
ou encore, d'après l'équation (1), si

$$(2) \qquad \omega^2 L_2 C = 1,$$

équation qui montre que le circuit NCP doit satisfaire aux conditions de résonance.

Les équations (1) et (2) étant satisfaites, le champ produit par I_a et I_b est un champ tournant si les deux branches sont rectangulaires.

cuit de résonance à la place de NP, la rotation des cloches était inversée.


Fig. 3. Fig. 4.

A cause de l'étincelle, le champ électromagnétique est assez complexe. Par l'adjonction d'antennes, on peut obtenir plus de régularité; des antennes de même longueur sont nécessaires, pour rayonner des ondes de longueur exactement concordante. La disposition des antennes a d'ailleurs une grande importance. Aux boules M et N on relie, directement ou non, deux antennes ou mieux deux systèmes d'antennes, qui doivent être de même longueur et inclinés l'un sur l'autre de 90° (*fig.* 4). Les fils sont alors l'origine de vibrations de même amplitude, décalées de $\frac{1}{4}$ de période. L'action simultanée des deux vibrations produit des ondes électromagnétiques, douées de la polarisation rotatoire, qui se propagent dans la direction d'un axe passant par le point de croisement des deux antennes et perpendiculaire à leur plan.

On peut également obtenir des champs tournants, si la différence de phase est φ au lieu de $\frac{\pi}{2}$. Il suffit de croiser les antennes d'un angle $\pi - \varphi$.

Le système décrit peut aussi, d'après Artom, servir à la solution de la syntonie des appareils; on détermine pour chaque station les valeurs caractéristiques de C et L_2.

Mais l'avantage principal du système consiste dans la possibilité de diriger les ondes. L'interception des nouvelles et le trouble causé par d'autres stations sont alors limités aux cas où ces stations se trouvent dans la direction de propagation des ondes ou dans son voisinage.

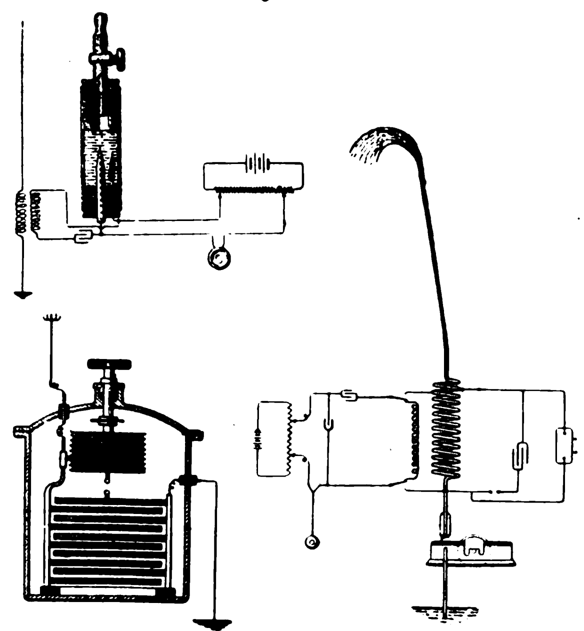
Dans une Communication à l'Accademia dei Lincei, Artom rend compte des résultats obtenus pendant les essais pratiques faits en 1903 et 1904 avec le concours de la Marine italienne.

Tout d'abord, une liaison fut établie à 4^{km}, distance entre San Vito et San Bartolomeo, dans le golfe de la Spezzia, et des stations placées à peu de distance sur le côté (Varignano et San Bartolomeo) ne recevaient aucun signal. Les essais furent repris ensuite sur une plus grande échelle à la station de Monte-Mario, près de Rome. Lorsque le radiateur était installé dans la direction d'Anzio (60^{km}), les signaux y arrivaient très bien; mais aucun n'y parvenait dès que le radiateur était dirigé sur la Sardaigne. Dans des essais effectués entre le Monte-Mario et l'île de Ponza, placée au Sud-Sud-Ouest, à 120^{km}, l'énergie suffisante à la transmission des signes put être triplée, sans qu'il fût possible à la station de télégraphie sans fil de la Maddalena (pointe nord de la Sardaigne) de recevoir des signaux. Inversement, Ponza ne reçut rien, lorsque de Monte-Mario on télégraphia vers la Maddalena (260^{km}).

Artom assure en outre que, pour l'emploi de son système, on peut employer, pour les mêmes portées, des antennes beaucoup plus courtes. Ainsi, dans les communications Monte-Mario-Maddalena, on aurait eu des transmissions nettes avec des fils qui ne s'élevaient qu'à 30^m au-dessus du sol. A. H.

Dispositifs Fessenden de télégraphie et téléphonie sans fil (Brevets américains 793647 et 793648, 14 déc. 1904; 793649 à 793651, 30 mars 1905; 793652, 6 avril 1905; 793718 et 793777, 30 mars 1905; délivrés le 4 juillet). — Parmi les dispositifs revendiqués dans ces huit brevets nous signalerons : un détecteur électrolytique, un condensateur, une antenne liquide et un dispositif téléphonique. — Le détecteur est représenté par la figure 1. Il consiste en un fil fin

Fig. 1 à 3.



pénétrant dans un tube de verre contenant une solution d'acide azotique ou de soude caustique sur laquelle on comprime de l'air à une pression 2,8 à 3,5 kg : cm^2; cette compression ayant pour but d'augmenter l'intensité et la clarté des signaux reçus dans le téléphone. Comme l'indique la

figure, un potentiomètre est placé en dérivation entre les électrodes du détecteur. — Dans l'un des deux brevets relatifs aux condensateurs l'auteur suggère l'emploi de tronçons de câbles de transmissions à hautes tensions; c'est une idée qui nous paraît peu nouvelle. Dans l'autre brevet, l'inventeur préconise l'emploi, comme isolant, de l'air comprimé sous une pression d'environ 10 kg : cm²; un tel condensateur est représenté en figure 2. D'après des essais de l'auteur, déjà sous une pression de 4 kg : cm² la perte par effluves d'un condensateur de ce genre est réduite à la moitié de ce qu'elle est dans l'air à la pression ordinaire; sous une pression de 12 kg : cm² et avec des armatures distantes de 2mm la différence de potentiel peut être élevée jusqu'à 27500 volts sans qu'il y ait perte appréciable d'énergie (à 28500 volts, il y a étincelle). Ces condensateurs ont l'avantage de ne pas présenter d'hystérésis diélectrique; en outre, la période d'oscillation des ondes produites avec ces appareils est absolument constante. — L'antenne liquide est indiquée en figure 3; c'est un simple jet d'eau. Suivant l'auteur ce dispositif serait avantageux pour l'établissement de postes télégraphiques dans les forts où il est impossible d'élever des antennes permanentes qui attireraient l'attention de l'ennemi. — L'un des dispositifs de téléphonie sans fil consiste à produire directement les ondes de haute fréquence au moyen d'une dynamo d'une puissance de plusieurs chevaux (donnant, par exemple, 300000 périodes par seconde), et à intercaler le téléphone transmetteur dans le circuit d'excitation de cette dynamo : en parlant devant ce transmetteur, on fait varier l'excitation et, par suite, l'énergie des ondes. Le poste récepteur est disposé à la façon habituelle avec un téléphone. L'inventeur fait observer que ce mode de transmission téléphonique n'a pas, comme la transmission par câble, l'inconvénient de produire une distorsion des ondes transmises, de telle sorte que tous les harmoniques de sons vocaux se trouveraient transmis sans aucune déformation et qu'il en résulterait une plus grande clarté d'articulation; aussi croit-il pouvoir affirmer que la transmission transatlantique de la parole serait possible par ce procédé.

Le détecteur électrolytique à pointe métallique, par G. Ferrié (*Comptes rendus,* t. CXLI, p. 315, 31 juillet). — Déjà en 1900 (*Congrès internat. d'Elect.,* vol. annexe, p. 289, § IV), au cours d'une étude d'ensemble des propriétés des cohéreurs de toute espèce, l'auteur indiquait que l'on pouvait constituer un détecteur d'ondes par le contact imparfait d'une pointe métallique et d'un électrolyte. Depuis ce détecteur a reçu des applications pratiques de divers expérimentateurs : Schlömilch, de Forest, etc. Aussi M. Ferrié a-t-il cru devoir entreprendre une étude plus détaillée de ce détecteur, et ce sont les principaux résultats de cette étude qu'il fait connaître dans la Note qui nous occupe.

L'appareil étudié est constitué par une pointe de platine, d'environ 0mm,01 de diamètre, pénétrant dans un électrolyte (acide azotique ou sulfurique, par exemple), d'une longueur de même ordre de grandeur que le diamètre. L'électrolyte est en communication, par l'intermédiaire d'une large électrode, avec le fil entrant d'un téléphone dont le fil sortant est relié à la pointe de platine. D'autre part, l'électrolyte et la pointe de platine sont reliés au circuit dans lequel sont produites des oscillations de faible énergie, par exemple celles qui sont recueillies par une antenne réceptrice de télégraphie sans fil située à une distance assez faible de l'antenne qui transmet les signaux. — On constate, dans de semblables conditions, que chaque train d'ondes produit un son dans le téléphone et que les signaux transmis peuvent être lus *au son.* Il convient d'observer que l'on ne perçoit aucun son lorsque le téléphone est mis hors circuit ou bien est remplacé par un condensateur de capacité quelconque. Si le téléphone est remplacé par un galvanomètre balistique, l'énergie des oscillations étant suffisamment augmentée, il se produit, à chaque train d'ondes, une déviation de l'instrument, toujours dans le même sens, correspondant à un même courant partant de la pointe de platine. Le détecteur fonctionne donc dans ce cas comme soupape; les alternances négatives passent librement, tandis que les alternances positives sont arrêtées par le détecteur, mais s'écoulent à travers le circuit du téléphone ou du balistique; elles agissent sur ces appareils, puisqu'elles sont toujours de même sens. Le condensateur électrolytique formé par la pointe de platine et le liquide se charge, et a pour effet de régulariser en quelque sorte cet écoulement. — On remarque, d'autre part, qu'il s'écoule un temps appréciable entre le moment où l'on soumet l'appareil à l'action des oscillations et celui où l'on perçoit un son dans le téléphone. Ce temps paraît être celui qui est nécessaire à la polarisation du contact imparfait.

Le dispositif qui vient d'être décrit est assez peu sensible, bien qu'il permette, par exemple, de lire des signaux à une distance de 20km. On augmente beaucoup sa sensibilité en intercalant sur le circuit du téléphone une force électromotrice, de manière que le pôle positif soit relié à la pointe de platine. La sensibilité augmente avec la force électromotrice pourvu que celle-ci reste inférieure à une certaine limite, qui est la valeur de tension produisant l'électrolyse du liquide. On se place aisément dans les conditions voulues en employant un potentiomètre. Lorsque la tension limite est dépassée, on entend dans le téléphone un bruissement continu qui masque les signaux. — Si le téléphone est remplacé par un balistique, l'énergie des oscillations étant suffisamment augmentée, on observe que chaque train d'ondes est traduit par une déviation de l'instrument de sens contraire à celle qui se produisait dans le cas où il n'y avait pas de force électromotrice en circuit. Le phénomène est donc nettement différent. Il semble pouvoir être expliqué dans ce cas de la manière suivante, l'effet de soupape devenant négligeable : au repos, la force électromotrice mise en circuit a pour effet de créer une force contre-électromotrice de polarisation, et l'instrument n'est traversé que par le courant de dépolarisation spontanée. Le contact de la pointe de platine et du liquide constitue donc un condensateur électrolytique chargé à la tension de la force électromotrice mise en circuit, le diélectrique étant formé par une mince pellicule gazeuse. Les oscillations ont pour effet de décharger ce condensateur, en créant une conductibilité passagère du diélectrique analogue à celle qui est produite dans le fonctionnement des cohéreurs auto-décohérents. Dès que les oscillations ont cessé, la conductibilité cesse également et le condensateur se recharge : c'est le courant de charge, qui se produit à ce moment, que l'on perçoit dans le téléphone ou le balistique. Il est plus ou moins intense suivant que la décharge a été plus ou moins complète.

Éclateur à haute fréquence pour télégraphie sans fil. Waldemar Poulsen (Brevet américain 793608, déposé le 15 septembre 1904, délivré le 27 juin 1905). — Les deux tiges de l'excitateur sont placées dans un récipient contenant de l'hydrogène sous une certaine pression plus grande ou plus faible que la pression atmosphérique.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Anthony. USAP. 793760, 22 nov. 1904 (transmetteur à induction). — Arendt. BP. 22904, 1904 (télégraphe). — Cardwell. USAP. 795577, 9 déc. 1903 (app. imprimeur). — Christensen. BP. 6176, 1905 (relais). — Damaskinos. BP. 14918, 1904 (télégraphe). — Donald. BP. 16326, 1904 (télégraphe). — Ducretet. BF. 354117, 9 mai. 1905 (déclenchement automatique). — Kitsel. USAP. 793037, 4 fév. 1905 (système de signaux sous-marins).



APPLICATIONS THERMIQUES.

Appareil de chauffage pour liquides. Bremant (Brevet français 351378, 9 février 1905). — **Idem.** The Shœnberg Electric Appliance Co (Brevet français 351449, 11 février 1905). — Dans l'appareil Bremant un tube garni d'une feuille mince d'amiante supporte un enroulement en ferronickel, recouvert d'une tresse d'amiante comme isolant thermique. Le tube est disposé en serpentin à l'intérieur d'un récipient bien isolé et garni intérieurement d'amiante comme calorifuge. Le courant électrique, qui traverse le fil de ferronickel, échauffe le tube et par suite l'eau qui y circule. — Dans l'appareil de la Shœberg Co la résistance de chauffage est constituée par un fil nu disposé à l'intérieur d'une chambre non conductrice que traverse le liquide à chauffer. Le robinet de circulation d'eau et l'interrupteur de courant sont reliés de telle sorte que le courant soit rompu avant que la circulation de l'eau ait cessé. Les tubes d'arrivée et de sortie de la chambre chauffante sont isolés du reste de la tuyauterie. L'inventeur semble avoir oublié que l'eau à chauffer est toujours conductrice et qu'elle établira forcément un circuit de perte à la terre avec danger d'électrisation. G.

Four électrique pour dentiste. L.-L. Bosworth (Brevet français 351628, 20 février 1905). — On sait que les fours électriques employés pour la cuisson des pièces de prothèse dentaire doivent avoir une température très élevée. On les construit habituellement en enrobant un fil de platine formant résistance chauffante dans la matière réfractaire qui constitue la paroi du moufle.

M. Bosworth établit le moufle en deux parois s'emboîtant exactement l'une dans l'autre lorsque la plus petite est enveloppée par le fil de platine. Le tout est logé dans une enveloppe calorifuge. Cette disposition permet de retirer le moufle intérieur quand le circuit est altéré et de remplacer le fil sans l'intervention d'un spécialiste. De cette facilité de réparation résulte que l'on peut pousser davantage la température, puisque le remplacement du fil représente une dépense relativement faible, soit la différence entre le platine neuf et le platine usagé. G.

BREVETS RÉCENTS.

Soudage : Cook. USAP. 774160, 26 mars 1904. — Doscher. USAP. 771300, 8 juin 1903. — Gravell. USAP. 775170, 10 mars 1904. — Rietzel. USAP. 78269, 6 février 1904.

Allumage : *Moteurs à gaz* : Aron. BP. 25078, 1904. — De Dion et Bouton. BP. 24572, 1904. — Doman. USAP. 780555, 7 juillet 1902. — Eisemann. BP. 19883, 1904. — Lewis et Daimler. BP. 25006, 1903. — Mc Nulty. USAP. 773410 et 773411, 22 octobre 1903. — Mellor. BP. 25482, 1903. — Napier. BP. 26488, 1903. — Nehmer. BP. 2063, 1904. — Reck. USAP. 778146, 16 mars 1903. — Reichenbach. USAP. 778707, 26 février 1904. — *Becs de gaz* : Gergacsevics. BP. 24220, 1903; USAP. 769739, 30 novembre 1903. — Kohn. USAP. 778252, 19 janvier 1904. — *Divers* : Best. BP. 26553, 1903 (allumage de lampes de mineurs). — Mayer. USAP. 774769, 9 septembre 1902 (allumage de lampes à pétrole). — Pechz et Rea. 15441, 1904. — Treskow. BP. 27522, 1903.

Chauffage : Brown et Holmes. USAP. 786542, 17 oct. 1904 (appareil). — Byrnes. USAP. 795956, 10 déc. (procédé). — Dowsing. BP. 13180, 1904 (radiateur). — Dubois et Emery. BP. 13136, 1904 (chauffage). — Dutertre et Nodet. DRP. 161276, 23 juin 1903; BP. 7814, 1904 (appareil). — General electric Co. BP. 17705, 1904 (vaporisateur). — Hergott. DRP. 158953, 30 janv. 1902 (tissu pour chauffage). — Mahoney. USAP. 783057, 26 nov. 1904 (appareil combiné avec un ventilateur). — Meiser. DRP. 111461, 12 mars 1904 (chauffage). — Prometheus Co. BP. 12214, 1904 (chauffage).

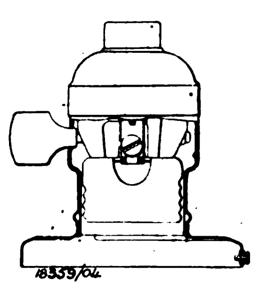
ÉCLAIRAGE.

Lampe à arc. M.-H. Baker et S.-P. Wilbur (Brevet américain 794839, déposé le 10 janvier 1903, délivré le 18 juillet 1905). — Les deux électrodes sont concentriques et verticales. L'arc formé à la partie inférieure est soufflé vers le bas par l'action électrodynamique et prend la forme d'un éventail. Les sections des électrodes sont telles que l'usure horaire soit la même; dans le cas où le courant d'alimentation est alternatif, les sections sont égales; si le courant d'alimentation est continu, l'électrode cylindrique extérieure est imprégnée de sels métalliques et est reliée au pôle positif.

Charbons imprégnés pour lampes à arc. F.-O. Vogel (Brevet américain 791902, déposé le 6 juillet 1903, délivré le 18 juillet 1905). — Dans le but d'augmenter la température de l'arc, l'inventeur propose l'emploi de charbons percés de canaux remplis de peroxydes de sodium, calcium ou baryum, qui, suivant lui, donnent naissance à de l'ozone. Les charbons sont d'ailleurs imprégnés d'oxydes métalliques reconnus comme augmentant le rendement lumineux : oxyde de calcium, baryum ou aluminium, carbonates de potassium ou de sodium. L'élévation de température due à la combustion par l'ozone augmente l'incandescence des électrodes et, par suite, la radiation lumineuse.

Dispositif de refroidissement pour lampes à mercure. Richard Kuch (Brevet américain 793530, déposé le 3 mars 1904, délivré le 27 juin 1905). — Ce dispositif consiste en une enveloppe métallique, munie de nervures, disposée autour d'une partie de lampe, de manière à provoquer un vif courant d'air; dans ces conditions, la tension de vapeur du mercure peut être maintenue pendant longtemps à la valeur requise pour le bon fonctionnement de la lampe.

Dispositif pour la fixation des réflecteurs aux douilles des lampes à incandescence. British, Thomson-Houston Co, Londres (Brevet anglais 18359, 1904). — La partie inférieure de la douille porte un bourrelet circulaire; le support du réflecteur porte à sa partie supérieure une collerette dont le diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur de la douille; on enfile la collerette dans la douille et l'on agrandit l'ouverture de celle-ci; le support se trouve alors fixé d'une part par le bourrelet, d'autre part par le rebord formé à la douille. M. C.



BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : Beck. USAP. 795681, 31 janvier 1904. — Bissing. USAP. 793872, 23 mai 1904. — Carbone. USAP. 795685, 31 janvier 1905. — Cook. BP 16968, 1904. — General Electric Company. BP. 14733, 14734 et 14735 et 20380, 1904. — Hanks. USAP. 790499, 14 juillet 1900. — Jones et Jandus. BP. 16603, 1904. — Kuch. USAP. 791152, 3 mars 1904. — Peritz. BP. 17176, 1904. — Phoenix Elektrotechnische. BF. 352269, 10 mars 1905; DRP. 161093, 2 déc. 1903; BP. 4786, 1905. — Viare. BP. 15872, 1904. — Volkel. DRP. 162497, 22 fév. 1903. — *Charbons* : General Electric Company. BP. 13151 et 14196, 1904. — Wesdon. BP. 9190, 1904. — *Régulateur* : Davis. USAP. 791253, 18 sept. 1902. — Phœnix Elektrotechnische. BF. 352280, 10 mars 1905.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Sur la fabrication électrique de l'acier, par Gustave GIN (Communication faite au Congrès international des Mines et de la Métallurgie, Liége, 25 juin 1905).

I. Après quelques considérations préliminaires sur le développement de l'électrosidérurgie, l'auteur compare les procédés électriques aux procédés ordinaires pour la fabrication de l'acier.

Un des avantages des procédés électriques est leur grand rendement thermique, dû à la concentration possible des opérations dans un espace des plus réduits. Dans les fours à résistance, et en particulier dans le four-canal de M. Gin, le dégagement calorifique se fait au sein même du métal à affiner, c'est-à-dire dans un milieu d'une densité égale à 7 kg : dm^3 et pouvant emmagasiner près de 2700^{cal} par décimètre cube entre les températures 0° et 1800°. Dans le four Martin les gaz convoyeurs de la chaleur, dont la densité est très faible, ne peuvent emmagasiner plus d'un quart de calorie entre les mêmes limites de température et sous le même volume : l'espace nécessaire pour effectuer une opération donnée devra donc être de beaucoup plus grand. Dans le convertisseur Bessemer le dégagement calorifique a lieu dans la masse même du métal en voie de transformation; mais on ne peut régler ce dégagement aussi bien que dans le four électrique et, par crainte du refroidissement, on doit opérer avec une précipitation incompatible avec la précision que l'on est en droit de souhaiter.

Un autre avantage du four électrique est l'absence d'atmosphère pouvant produire des actions chimiques perturbatrices. Dans le procédé Bessemer l'insufflation introduit dans le métal des gaz qui restent occlus; dans le procédé Martin il est parfois difficile de donner aux gaz, en temps opportun, une composition neutre ou réductrice.

II. De ces avantages l'auteur tire deux conclusions : la première est que vraisemblablement le four électrique s'assurera à bref délai le monopole des aciers fins et spéciaux et que cette conquête sera probablement rapide et définitive, comme il en a été pour la fabrication des ferrosiliciums riches et des ferrochromes à basse teneur de carbone pour laquelle le four électrique a, dès maintenant, supplanté le four ordinaire. La deuxième, c'est que le four électrique permettra de fabriquer, avec plus de précision et de régularité, les aciers demi-fins que l'on ne peut obtenir au convertisseur, mais seulement par l'affinage sur sole, et il est vraisemblable que ces aciers demi-fins seront aux bons aciers Martin ce que sont ces derniers aux aciers Bessemer.

III. Dans une autre partie de sa Communication M. Gin envisage l'utilisation du four électrique pour effectuer la seconde opération des procédés duplex tels que les procédés Witkowitz, Talbot-Martin ou Bertrand-Thiel.

Le procédé Witkowitz emploie un convertisseur complété par un four Martin. Le convertisseur élimine la majeure partie des impuretés dont le départ intégral s'opère dans le four Martin. On conçoit aisément que l'on puisse remplacer ce dernier par un four électrique, qui fonctionnera avec une faible dépense d'énergie puisque l'acier sort du convertisseur avec une haute température et une faible proportion d'impuretés. D'ailleurs, le four électrique fonctionnant plus rapidement que le four électrique, deux de ceux-ci pourront suffire au lieu de quatre fours Martin nécessaires pour épurer le contenu d'un convertisseur pendant la durée d'une opération avec ce dernier appareil.

Dans les deux autres procédés, le four électrique pourrait également être avantageusement chargé d'effectuer l'une des deux opérations que comportent ces procédés.

IV. En terminant, M. Gin donne le Tableau qui suit, lequel résume les diverses applications possibles du four électrique à la fabrication de l'acier et l'importance, pour chacune d'elles, du rôle réservé à l'énergie électrique.

Procédés.	Opérations réalisées.	Énergie consommée en kw.-h.
Fabrication intégrale partant du minerai........	Fusion et réduction du minerai.............. Oxydation des impuretés. Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	2800 à 3200
Partant de la fonte solide..........	Fusion du métal brut... Oxydation des impuretés. Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	1000 à 1100
Partant d'un mélange de fonte et riblons solides.	Fusion du métal brut... Oxydation partielle des impuretés............ Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	900 à 1000
Partant de la fonte liquide........	Chauffage du métal..... Oxydation des impuretés. Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	450 à 550
Partant de la fonte liquide et des riblons solides...	Fusion des riblons et chauffage du mélange. Oxydation partielle des impuretés............ Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	700 à 800
Partant de l'acier inachevé d'un convertisseur ou d'un four Martin............	Oxydation réduite des impuretés............ Désoxydation du métal affiné................ Recarburation à la nuance.	200 à 300

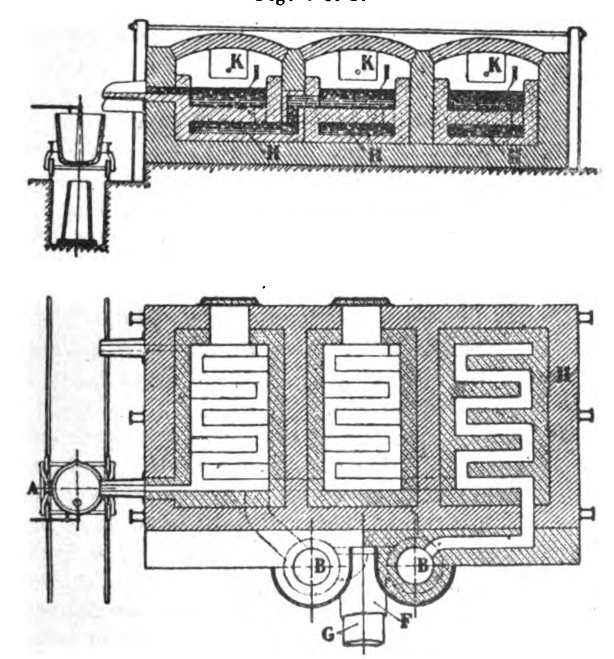


Sur les fours industriels à résistance pour la fabrication de l'acier, par F.-A.-J. FITZ-GERALD (*Electrochemical and metallurgical Industry*, t. III, p. 297, août 1905).

Il est évident que le meilleur moyen pour chauffer un corps électriquement consiste à faire traverser ce corps par un courant. Aussi de nombreux brevets ont-ils été pris pour des fours à résistance; l'auteur les a parcourus et il est d'avis que beaucoup d'entre eux n'ont aucune valeur, soit parce qu'ils s'appliquent à des dispositifs antérieurement brevetés, soit parce qu'ils revendiquent des choses non brevetables, telles que l'obtention plus rapide d'une haute température par diminution de la section offerte au passage du courant.

En se plaçant dans l'hypothèse qu'il n'y a aucune perte de chaleur par rayonnement ou conductibilité, on arrive assez facilement à calculer les dimensions qu'il convient de donner à un four pour produire une opération déterminée. Par ce calcul, dont on trouvera le détail un peu plus loin, l'auteur trouve que, pour fondre en une heure une tonne de fer avec un four à résistance, il faut donner à ce four 75^{cm^2} de section et une longueur de plus de 19^m.

Fig. 1 et 2.



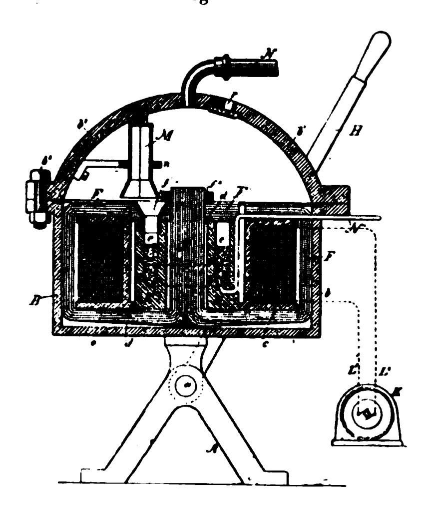
Ce résultat explique pourquoi on est forcé de donner aux fours sidérurgiques à résistance une longueur considérable. A la vérité on n'a pas en vue, dans ces fours, la fusion du fer pris à la température ordinaire, mais seulement de maintenir en fusion le fer ou l'acier provenant de la fonte liquide versée dans le four. Toutefois, comme les pertes de chaleur négligées dans le calcul sont considérables, la longueur à donner au four est toujours grande.

Comme exemples de fours à résistance industriels l'auteur décrit le four Gin et le four Kjellin.

Les figures 1 et 2 donnent une coupe verticale et une coupe horizontale d'un des plus récents modèles d'un four Gin pour la fabrication de l'acier. Il est formé de trois réservoirs I réunis en série par des canaux H remplis de métal fondu. Ces canaux, qui ont pour but d'allonger le trajet du courant électrique, aboutissent à deux cavités cylindriques où plongent les électrodes d'amenée et de sortie du courant. Les réservoirs I permettent l'introduction dans le four de la fonte liquide et des matières destinées à son affinage, introduction qui serait pratiquement impossible dans un four constitué par un canal long et étroit : la fonte liquide est chargée dans le premier réservoir à droite de la figure; c'est également dans ce réservoir que la fonte est débarrassée du silicium et du manganèse qu'elle contient; le second réservoir sert à l'élimination du phosphore et du carbone; le troisième sert à la coulée de l'acier. A mesure que la coulée s'effectue le métal passe d'un réservoir au suivant en traversant les canaux.

La figure 3 donne, d'après le brevet américain 428552 du 20 mai 1900, la coupe schématique

Fig. 3.



d'un four Kjellin. On sait que ce four, appelé souvent *four à induction,* est constitué par un canal circulaire étroit, contenant la fonte, qui est entouré d'une bobine parcourue par un courant alternatif; il se développe dans le métal fondu des courants d'induction qui échauffent ce métal, ce qui permet de classer ce four dans la catégorie des fours à résistance. Un des avantages de ce genre de fours est l'absence d'électrodes plongeant dans le bain, électrodes qui néces-

sairement amènent du carbone, corps que l'on se propose précisément d'éliminer pour transformer la fonte en acier. Mais, d'un autre côté, il a l'inconvénient de donner lieu à un facteur de puissance relativement bas (0,6 environ), de sorte que l'alternateur qui l'alimente doit être calculé pour une puissance environ deux fois plus grande que celle qui est absorbée par le four. Quoi qu'il en soit, ce four a donné, comme l'on sait, de bons résultats au point de vue sidérurgique.

CALCUL DES DIMENSIONS D'UN FOUR. — Un courant de I ampères dégage par seconde, dans un circuit de R ohms de résistance, une quantité Q de calories-grammes donnée par

$$Q = \frac{RI^2}{4,2}.$$

Si cette chaleur est utilisée à chauffer un poids de p grammes d'un corps de chaleur spécifique c, l'élévation de température θ par seconde sera donnée par l'égalité

$$cp\theta = \frac{RI^2}{4,2}.$$

La chaleur spécifique du fer étant 0,3, pour porter de 0° à 1600° en une heure une tonne de fer, il faudra une énergie

$$RI^2 = 4,2 \times 0,3 \times 1\,000\,000 \times \frac{1600}{3600} = 560 \text{ kw-h}.$$

qui, pour être produite avec une différence de potentiel de 50 volts (valeur adoptée en pratique), demande un courant de 11 200 ampères.

La résistance du four devra donc être de 50 : 11 200. Or, d'après Gin, la résistivité du fer fondu est 0,000175 ohm-cm. En appelant s la section de ce four et l sa longueur, on a donc

$$0,000175 \frac{l}{s} = \frac{50}{11\,200}.$$

D'autre part, comme le four contient par hypothèse 1ᵗ de fer de densité 7 environ, on a

$$7ls = 1\,000\,000.$$

De ces deux dernières relations on tire

$$l = 1910^{cm}, \qquad s = 75^{cm^2}.$$

Le traitement électrolytique des boues provenant du raffinage du cuivre et du plomb, par A.-G. BETTS (*Electrochemical and metallurgical Industry*, t. III, p. 141-146, avril 1905).

Le traitement des boues provenant du raffinage électrolytique du cuivre ou du plomb pour en extraire l'or, l'argent et, autant que possible, les autres métaux qu'elles renferment, est une opération délicate qui est plutôt du domaine de la Chimie analytique que de celui de la Chimie industrielle; aussi pendant les premières années de l'application de l'électrolyse au raffinage du cuivre cette opération était-elle effectuée par des spécialistes qui achetaient les boues des raffineries, et ce n'est qu'assez récemment que la plupart des raffineries traitent leurs boues elles-mêmes.

M. Betts, qui, pendant plusieurs années, a essayé au laboratoire de nombreux procédés de traitement, est parvenu à mettre sur pied un procédé qui, à son avis du moins, présente sur celui qu'on emploie ordinairement aujourd'hui divers avantages : entre autres celui d'être peu coûteux, à tel point qu'il permettrait de traiter économiquement les boues de raffinage du plomb, et celui de permettre de recueillir non seulement l'or et l'argent des boues, mais encore le cuivre, l'antimoine, l'arsenic et le bismuth qu'elles renferment.

L'objet de l'article qui nous occupe est la description détaillée de ce procédé. Pour la clarté, cette description est précédée d'indications sur la composition des boues, sur les propriétés chimiques des substances qu'elles renferment et enfin sur le procédé actuellement en usage pour leur traitement. Nous allons examiner successivement ces divers points en abrégeant autant qu'il nous sera possible les considérations d'ordre purement chimique.

I. COMPOSITION DES BOUES. — D'après un Tableau donné par l'auteur, cette composition est assez variable. Les boues provenant du raffinage du cuivre renferment de 18 à 57 pour 100 de ce métal, 13 à 51 pour 100 d'argent, 2 à 3 pour 100 d'antimoine, à peu près la même proportion d'arsenic et de bismuth, parfois un peu de plomb. Les boues provenant du raffinage du plomb contiennent de 2 à 22 pour 100 de cuivre, 4 à 78 pour 100 d'argent, 4 à 75 pour 100 d'antimoine, 1 à 44 pour 100 d'arsenic, 3 à 17 pour 100 de plomb, parfois du bismuth et du fer. Quant à la teneur en or, elle est aussi très variable; souvent elle est presque nulle, mais elle s'élève à 110ᵍ par tonne dans certaines boues de cuivre et à 530ᵍ par tonne dans une boue de plomb. Dans les deux espèces de boues, l'or et l'argent sont à l'état métallique; dans les boues de plomb, l'antimoine, l'arsenic et le bismuth sont aussi à l'état libre; dans les boues de cuivre, ces derniers corps sont en majeure partie à l'état d'oxydes.

II. PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES SUBSTANCES CONTENUES DANS LES BOUES. — Dans cette partie, M. Betts indique longuement, et d'ailleurs fort méthodiquement, les réactions auxquelles donne lieu chacune des substances contenues dans les boues quand on traite celles-ci par diverses solutions. Malgré l'intérêt qu'offrent ces réactions, la plupart assez peu connues, nous croyons pouvoir les passer sous silence, quitte à insister plus loin sur celles qui entrent en jeu dans le traitement préconisé par l'auteur.

III. PROCÉDÉS ACTUELS DE TRAITEMENT DES BOUES. — C'est toujours, pour débuter, un traitement chimique oxydant. A l'origine, on traitait les boues par l'acide azotique, mais il y avait perte considérable



d'argent. Aujourd'hui on traite par un mélange d'acide sulfurique et d'azotate de sodium en même temps qu'on injecte dans la masse un courant d'air, pour favoriser l'oxydation, et un courant de vapeur, pour élever la température. La présence d'azotate de sodium est regardée comme non indispensable par quelques praticiens, mais l'auteur n'est pas de cet avis, car l'oxydation est alors fort longue. Il ne croit pas non plus que, comme on l'a prétendu, il suffise de faire passer dans les boues un courant de gaz sulfureux et un courant d'air, car dans ces conditions aucune réaction oxydante ne se produit.

Ce traitement donne, d'une part, une solution de sulfate de cuivre (souillée d'arsenic et d'antimoine) que l'on fait cristalliser ou que l'on soumet à l'électrolyse; d'autre part, un résidu solide formé d'or, d'argent et d'oxydes de bismuth, d'antimoine et d'arsenic. Ce résidu est fondu avec de la soude qui forme un flux avec ces derniers oxydes; il reste un lingot d'alliage d'or et d'argent. L'or est séparé de l'argent soit chimiquement au moyen de l'acide sulfurique, soit électrolytiquement dans un bain d'azotate d'argent.

A ce mode de traitement, l'auteur reproche : d'être coûteux, deux des substances chimiques utilisées (soude et azotate de sodium), étant d'un prix élevé; d'être long et de ne pas permettre de recueillir l'arsenic, l'antimoine et le bismuth; enfin, de faire perdre une assez notable quantité d'argent par volatilisation pendant la fusion avec la soude. Applicable dans les raffineries de cuivre, où l'on n'a guère que 7^{kg} de boues par tonne de cuivre traitée, il ne peut convenir dans les raffineries de plomb où la quantité de boues à traiter est de beaucoup plus considérable, le raffinage d'une tonne de plomb donnant de 25^{kg} à 45^{kg} et parfois même 120^{kg} de boue.

IV. **Principe du procédé électrochimique Betts.** — Voici les grandes lignes de ce procédé : On traite les boues par une solution de chlorure ferrique; le cuivre passe à l'état de sulfate soluble, ainsi qu'une certaine quantité d'argent; ce dernier est précipité au moyen de lames de cuivre. Après dépôt et filtration, on a : d'une part, une solution de sulfate de cuivre, de sulfate de fer et d'un peu d'acide arsénieux; d'autre part, un résidu renfermant l'or et l'argent à l'état métallique, le plomb et le bismuth à l'état de sulfates, l'antimoine et une partie de l'arsenic à l'état d'acides arsénieux et antimonieux. La solution est refroidie de manière à faire cristalliser l'acide arsénieux qu'elle renferme, puis soumise à l'électrolyse, ce qui donne du cuivre pur et régénère la solution de sulfate ferrique primitive. Quant au résidu solide, il est lavé à l'eau avec soin pour éliminer l'acide arsénieux qu'il renferme, puis avec un mélange dilué d'acide sulfurique et d'acide fluorhydrique qui dissout l'acide antimonieux en donnant du fluorure d'antimoine; les eaux de lavage sont jetées à moins que l'on ait intérêt à extraire l'acide arsénieux qu'elles renferment; la solution de fluorure d'antimoine est, au contraire, recueillie et l'on en retire par électrolyse, d'une part, de l'antimoine, d'autre part de l'acide fluorhydrique qui sert à de nouvelles opérations. Le résidu solide, qui ne renferme plus que l'or, l'argent, le plomb et le bismuth, est fondu avec une petite quantité de carbonate de sodium; le plomb est ainsi éliminé et il reste un alliage d'or, d'argent et de bismuth dont les divers composants sont séparés par une électrolyse en employant cet alliage comme anode.

En résumé, le traitement comprend trois opérations électrolytiques et deux opérations chimiques. L'une des premières porte sur un mélange de sulfates de cuivre et de fer, une autre sur du fluorure d'antimoine et la troisième sur un alliage. Les opérations chimiques consistent en un traitement par le chlorure ferrique et une fusion avec un fondant. On trouvera plus loin quelques détails sur ces diverses opérations soit dans l'article de M. Betts, soit dans deux brevets récemment accordés à l'auteur.

V. **Coût du procédé Betts.** — Malgré la multiplicité des opérations, les dépenses occasionnées par ce mode de traitement sont assez faibles, la plupart des produits chimiques qu'il nécessite étant régénérés. Dans l'hypothèse du traitement des boues provenant du raffinage d'une tonne de plomb brut contenant 1 pour 100 d'argent, 1 pour 100 d'antimoine, 0,25 pour 100 d'arsenic, 0,2 pour 100 de bismuth, 0,5 pour 100 de cuivre et 30^g d'or, M. Betts estime à $1^{fr},65$ la dépense occasionnée par le remplacement des substances perdues dans les eaux de lavage et par l'achat du carbonate de sodium. L'énergie électrique nécessaire aux trois opérations électrolytiques est évaluée à 1^{fr}. Le combustible nécessaire à la production de la vapeur et à la fusion, la main-d'œuvre, l'entretien du matériel, etc., augmentent les frais de $2^{fr},20$. Au total, la dépense est de $4^{fr},85$. Ce chiffre correspond à environ $0^{fr},17$ par kilogramme de boue traitée. Or les procédés actuels pour le traitement des boues de raffinage de cuivre contenant 50 pour 100 d'argent coûteraient, d'après l'auteur, $0^{fr},80$ par kilogramme de boue.

VI. **Détail des opérations du procédé Betts.** — La solution de sulfate ferrique utilisée pour le traitement des boues est, comme il a été dit, régénérée dans les opérations suivantes; pour cette raison, elle ne contient pas que du sulfate ferrique. D'après les analyses de l'auteur elle contiendrait 4 à 5 pour 100 de sulfate ferrique, 0,5 à 1 pour 100 de sulfate ferreux, 1 pour 100 de sulfate de cuivre et 4 à 6 pour 100 d'acide sulfurique libre.

En réagissant sur les boues, cette solution transforme le cuivre et le plomb et une partie de l'argent en sulfates, le

sulfate ferrique étant réduit à l'état de sulfate ferreux; elle transforme l'arsenic en acide arsénieux (s'il n'est pas déjà sous cet état), l'antimoine et le bismuth partiellement en oxydes de la forme M^2O^3, partiellement en sulfates. En faisant agir la solution ferrique pendant un temps assez long (quelques heures), on pourrait dissoudre complètement l'argent à l'état de sulfate et l'on pourrait précipi er cet argent au moyen de cuivre; mais l'argent ainsi obtenu est très volumineux et souillé d'acides arsénieux et antimonieux et, pour cette raison, l'auteur estime préférable de laisser la majeure partie de l'argent dans le résidu solide en diminuant la durée de l'opération.

L'acide arsénieux, qui est soluble dans dix fois environ son poids d'eau chaude et cent fois son poids d'eau froide, se retrouvera en majeure partie dans la solution résultant du traitement des boues par le sulfate ferrique et, ainsi qu'il a été dit, on le fera cristalliser par refroidissement. Ce qui reste dans le résidu solide sera entraîné par les eaux de lavage.

Ces eaux de lavage entraînent une certaine quantité de sulfate ferreux et de sulfate de cuivre; on les fait passer sur de la tournure de fer pour en précipiter le cuivre. On pourrait les évaporer pour recueillir le sulfate ferreux et l'acide arsénieux qu'elles renferment; mais il semble plus économique de les jeter.

La solution de sulfate ferreux et de sulfate de cuivre, qui est séparée du résidu solide au moyen de filtres-presses, renferme, outre l'acide arsénieux, un peu d'antimoine et de bismuth; mais ces corps sont en assez faible quantité pour ne pas gêner l'électrolyse de la solution. L'auteur a reconnu que, pour obtenir un bon dépôt de cuivre par cette opération électrolytique, il est nécessaire que les cathodes soient animées d'un mouvement alternatif, autrement le cuivre ne tarde pas à former un dépôt boueux. Dans cette opération, qui peut s'effectuer avec des anodes en charbon aggloméré ordinaire (crayons de lampes à arc), le sulfate ferreux est transformé en sulfate ferrique.

L'électrolyse du fluorure d'antimoine ne présente pas de difficultés particulières si l'on suit les indications données dans le brevet analysé plus loin. L'antimoine obtenu ne contient comme impureté que du bismuth, dans la proportion de 1 pour 100 au plus.

Pour séparer l'or, l'argent et le bismuth, l'auteur prend comme bain une solution d'un sel d'argent à acide non oxydant avec un grand excès de cet acide. Les essais ont montré que l'acide méthylsulfurique convient particulièrement bien : l'argent se dépose sous forme d'excroissances et l'on peut opérer pendant 48 heures consécutives sans avoir de courts-circuits produits par ces excroissances. En ajoutant au bain $\frac{1}{12000}$ à $\frac{1}{15000}$ en poids de gomme arabique on a un dépôt d'argent très solide; toutefois il est préférable d'avoir un dépôt moins solide se détachant facilement des cathodes, lesquelles peuvent dès lors servir indéfiniment.

Le cuivre et le bismuth contenus dans les anodes s'accumulent dans le bain. Quand celui-ci ne contient plus que 1,5 pour 100 d'argent, il doit être renouvelé. L'argent restant est précipité par le cuivre; le cuivre et le bismuth sont ensuite précipités par du plomb. Le méthyl-sulfate de plomb résultant de cette dernière opération est traité par du sulfate d'argent qui donne du sulfate de plomb insoluble et une solution de méthyl-sulfate d'argent qui est utilisée comme nouveau bain. Quant au mélange de cuivre et de bismuth on peut le traiter par le sulfate ferrique qui dissout le cuivre et laisse le bismuth à l'état d'oxyde que l'on réduit ensuite par le charbon.

Procédé Betts pour le traitement des boues électrolytiques. (Brevet américain 793 039, déposé le 20 mai 1904, délivré le 30 juin 1905.) — Dans ce brevet l'inventeur indique quelques variantes du procédé décrit dans l'analyse précédente. — On peut substituer à l'oxyde de cuivre, pour la neutralisation de l'acide libre contenu dans la solution ferrique, de la matte de cuivre. — La réoxydation du sulfate ferreux, au lieu d'être obtenue par électrolyse comme il a été dit, peut être réalisée par un procédé chimique, par l'action de l'acide nitrique par exemple; dans ce cas on prévient une trop grande accumulation d'acide arsénieux et de sulfate de cuivre dans la liqueur en faisant cristalliser ces substances. — Le sulfate ferrique n'est d'ailleurs pas le seul corp pouvant être employé comme agent d'oxydation : on peut prendre le chrome ou le manganèse à l'état d'acides chromique ou permanganique; par réaction sur les boues ces acides sont réduits à l'état de sels chromeux ou manganeux et ces sels sont réoxydés soit par voie électrolytique, soit par voie chimique, par exemple au moyen des persulfates ou du peroxyde de plomb. Dans ce dernier cas on ajoute à la solution oxydante d'acide chromique, d'acide permanganique ou mieux encore de sulfate ferrique, un acide capable de former avec le plomb des sels solubles, par exemple l'acide fluosilicique; quand la liqueur est réduite par son action sur les boues, on la réoxyde par addition de peroxyde de plomb; ensuite et lorsque la liqueur a dissous une quantité d'argent, de cuivre, d'arsenic, etc. qui paraît suffisante, on précipite l'argent au moyen du cuivre, puis le cuivre, l'arsenic, etc. au moyen du plomb; il ne reste plus dans la solution qu'un sel de plomb que l'on soumet à l'électrolyse entre une cathode en plomb et une anode en carbone : on recueille d'une part du plomb, d'autre part du peroxyde de plomb qui rentre dans le cycle des opérations.

Procédé Betts pour l'électrodéposition de l'antimoine (Brevet américain 792 307, déposé le 20 mai 1904, délivré le 13 juin 1905). — Dans la description du procédé de traitement des boues il a été dit que l'acide antimonieux restant dans le résidu solide est dissous dans l'acide fluorhydrique et que le trifluorure d'antimoine résultant est soumis à l'électrolyse. On pourrait craindre, vu la facilité bien connue avec laquelle le trichlorure d'antimoine est décomposé par l'eau, qu'il soit impossible d'obtenir une solution de trifluorure sans un très grand excès d'acide. L'inventeur a reconnu qu'il suffit d'un faible excès d'acide pour maintenir la solution claire. Une addition d'acide sulfurique et d'un sel alcalin est d'ailleurs utile, et l'inventeur recommande comme particulièrement convenable pour l'électrolyse une solution contenant 8 pour 100 de SbF^3, 2 pour 100 de Na^2SO^4 et 4 pour 100 de H^2SO^4; avec une telle solution, on obtient un bon dépôt d'antimoine avec une densité de courant de 1 amp. : dm^2 sur l'anode. Une autre précaution à prendre est d'entourer les anodes, constituées pour des cylindres de plomb, d'une enveloppe poreuse qui peut être formée simplement par des couches de feutre. Si l'on ne prend pas cette précaution, le trifluorure d'antimoine se transforme en pentafluorure dans le voisinage de l'anode, et ce pentafluorure dissout une partie de l'antimoine déposé à la cathode, de sorte que le rendement de l'électrolyse s'abaisse à 60 pour 100, lorsqu'il atteint 90 à 95 pour 100 quand l'anode est entourée. Dans le but de prévenir la formation de composés pentavalents, il est également utile de donner à l'anode une surface environ moitié de celle de la cathode. La différence de potentiel requise pour l'électrolyse est de 2,5 à 3 volts.

Procédé J.-F. Kelly pour l'électrolyse du sulfate de sodium (Brevet américain 792 597, déposé le 9 sept. 1904, délivré le 20 juin 1905). — Une solution concentrée de sulfate de sodium est placée dans le compartiment central d'un bac électrolytique divisé en trois parties par deux cloisons poreuses en sulfate de calcium ou de baryum; dans les deux autres compartiments plongent une anode en plomb et une

cathode en fer. Par suite de l'électrolyse du sulfate de sodium, de l'acide sulfurique se forme dans le compartiment anodique et de la soude dans le compartiment cathodique; de l'oxygène d'une part, de l'hydrogène d'autre part prennent en même temps naissance et se dégagent. — En commentant ce brevet, *Electrochemical and metallurgical Industry* d'août fait observer (p. 286) que ce procédé présente un assez grand intérêt du fait que l'acide sulfurique qui y est produit a des débouchés assurés tandis que le chlore que l'on obtient dans la préparation de la soude caustique par l'électrolyse du sel marin est d'une utilisation commerciale difficile, la fabrication des chlorures décolorants étant actuellement très peu rémunératrice, à tel point que beaucoup de fabricants cherchent à le transformer en acide chlorhydrique en le combinant à l'hydrogène qui est produit en même temps que lui.

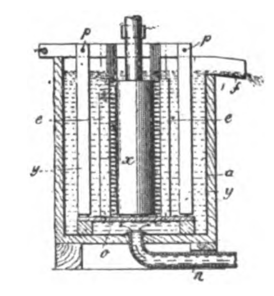
Procédé R.-V. Hauser pour la fabrication du sulfate ferrique (Brevet américain 790055, déposé le 17 septembre 1904, délivré le 16 mai 1905). — Un bac cylindrique tournant autour de son axe est revêtu intérieurement d'une anode, en plomb, perforée et distante de quelques centimètres des parois du bac; concentriquement est une cathode également perforée. On fait couler de l'acide sulfurique à l'intérieur de la cathode et une solution concentrée de sulfate ferreux dans l'espace annulaire compris entre la cathode et l'anode. Sous l'effet de l'électrolyse ce sulfate est transformé en sulfate ferrique $Fe^2(SO^4)^3$; la dissolution de ce sel, plus dense que celle du sulfate ferreux, se trouve chassée par la force centrifuge à travers les trous de l'anode et se rassemble dans l'espace compris entre cet anode et les parois du bac, où on la recueille.

Procédé D.-W. Hemingway pour le traitement des déchets de fer-blanc (Brevet américain 791555, déposé le 29 octobre 1902, délivré le 5 juin 1905). — Les déchets sont traités par une solution de sulfate ferrique additionnée d'acide sulfurique; l'étain est dissous et par électrolyse de la solution entre une anode en fer et une cathode en cuivre étamée cet étain est précipité. La solution passe ensuite dans un troisième récipient chauffé et est additionnée d'un oxydant (par exemple acide sulfurique ou azotate de sodium) qui régénère le sulfate ferrique, qu'une pompe envoie dans le récipient où sont placés les déchets de fer-blanc : l'opération est ainsi rendue continue.

Procédé E.-J. Machalske pour le traitement du phosphate de calcium (Brevets américains 789438 à 789440, déposés le 25 février 1905, délivrés le 9 mai 1905). — Le phosphate tricalcique naturel, d'une teneur de 50 à 70 pour 100, est pulvérisé puis mélangé avec du chlorure de sodium et du charbon. Le mélange est porté dans un four électrique à arc ou à résistance. Il se forme du chlorure de phosphore qui distille et que l'on décompose par l'eau pour avoir de l'acide phosphorique et de l'acide chlorhydrique, et d'autre part un mélange de carbure de calcium et de carbure de sodium utilisable pour la préparation de l'acétylène. Si pendant le traitement au four électrique on injecte de l'azote, ou plus simplement de l'air, les carbures sont transformés en cyanamides de calcium et de sodium, lesquels, traités par l'eau, donnent de l'ammoniaque et des carbonates de calcium et de sodium. Une autre partie de ces cyanamides peut être transformée en cyanure de calcium et de sodium, en la traitant au four électrique par le mélange de carbonate obtenu dans l'opération indiquée ci-dessus.

Les procédés d'électrodéposition rapide du cuivre, par Sherard COWPER COLES. Communication faite à la Faraday Society, de Londres, le 3 juillet (*Electrochemical and metallurgical Industry*, t. III, p. 312, août). — Ces procédés sont divisés en cinq groupes : 1° ceux dans lesquels on fait tourner ou mouvoir la cathode, comme les procédés de Wilde, Cotsworth, Wylie, Grant; la densité de courant est relativement faible; 2° le procédé Elmore consistant à soumettre constamment le cuivre à l'action d'un brunissoir pendant son électrodéposition; la densité de courant est d'environ 2 amp : dm²; 3° les procédés dans lesquels on recouvre d'une matière isolante les excroissances qui se forment sur la cathode de manière à empêcher leur accroissement, par exemple le procédé Dumoulin; la densité de courant est de 3,5 à 4 amp : dm²; 4° les procédés où l'on produit une circulation énergique de l'électrolyte, comme le procédé Thofehrn où des jets d'électrolyte sont lancés sur un cylindre tournant servant de cathode (densité 5 à 10 amp : dm²), celui de Graham où les jets sont lancés sur une cathode plane (densité atteignant 30 amp : dm² avec jets puissants), le procédé Poore où les jets eux-mêmes servent de conducteurs de retour du courant, le procédé Dessolle employé en France pour le cuivrage de la fonte, enfin le procédé Harrison; suivant M. Cowper-Coles ces procédés sont d'application coûteuse par suite de l'énorme quantité d'électrolyte qu'il faut mettre en circulation rapide; 5° le procédé de l'auteur consistant à faire tourner à une certaine vitesse un mandrin cylindrique dans un vase de même forme et dénommé procédé *centrifuge*. — S'il faut en croire M. Cowper-Coles ce dernier procédé possède toutes les qualités : on peut faire des tubes ayant jusqu'à 2m,40 de diamètre, en employant un mandrin de même dimension tournant à 50 t : m; en creusant une rainure hélicoïdale en forme de V sur le mandrin, on obtient facilement une longue bande hélicoïdale que l'on peut étirer en fil; il est possible d'employer une très grande densité de courant (qui n'est pas spécifiée) sans nuire à la qualité du dépôt; les anodes peuvent être de cuivre très impur, etc. — Dans la discussion qui suivit cette Communication, M. A.-S. Elmore fit observer qu'un autre groupe de procédés permet l'emploi de grandes densités de courant : ceux où l'on chauffe l'électrolyte. Il ajouta qu'il n'est pas exact qu'avec le procédé Elmore la densité de courant soit limitée à 3 amp : dm², car il a permis d'obtenir du cuivre d'une très grande ténacité avec 30 amp : dm²; en outre ce procédé permet de fabriquer des tubes de faible diamètre (60cm), ce que ne permettrait pas le procédé Cowper Coles. A cette dernière remarque l'auteur répond qu'il est plus simple de fabriquer de tels tubes par étirage que par électrolyse. — D'autres observations sont également présentées; signalons seulement celle de M. Milbourne qui fait remarquer que des essais du procédé centrifuge faits dans une usine du continent n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

Appareil Harrison pour électrodéposition rapide du cuivre (Brevet américain 791341, déposé le 19 juillet 1901, délivré le 30 mai 1905). — Une cathode cylindrique x, parfaitement polie, tourne autour de son axe; des jets d'électrolyte sont lancés tangentiellement à sa surface par des tubes verticaux e fermés à leur extrémité supérieure, percés latéralement de trous et disposés autour de la cathode. L'expérience a montré que l'on obtient un excellent dépôt de cuivre sur une cathode de 7cm,5 de diamètre en employant une couronne de tubes situés à 6cm de l'axe de la cathode, écartés les uns des autres de 6cm et percés de trous de 2mm de diamètre et distants de 12mm.



Fabrication électrochimique des sels de cuivre, par E. CAMPAGNE (*L'Industrie électrochimique*, t. IX, p. 49-52 et 56-60, juillet et août 1905). — Dans cet article,

l'auteur expose les résultats d'une étude approfondie, faite par lui, d'un procédé permettant d'obtenir avec facilité tous les sels de cuivre et dont voici le principe : Une solution de sulfate de sodium est électrolysée entre des électrodes de cuivre; l'anode est dissoute en donnant du sulfate de cuivre, tandis qu'à la cathode il se forme de l'hydrogène; par suite de la diffusion le sulfate de cuivre et la soude se rencontrent et réagissent en régénérant le sulfate de sodium et en donnant un précipité d'hydroxyde $Cu(OH)^2$ très facilement soluble dans les acides les plus dilués et pouvant, dès lors, servir comme matière première pour la préparation d'un sel quelconque de cuivre.

Pendant les premières heures de marche, l'électrolyse s'effectue avec la plus grande facilité et donne un rendement absolument théorique (1g,18 de cuivre par ampère-heure); la différence de potentiel entre électrodes est alors de 1,5 à 2 volts suivant la résistance intérieure de la cuve à électrolyse. Mais ensuite, et surtout si l'on opère avec une densité de courant un peu élevée (1 amp : dm² d'anode), on observe une augmentation graduelle de la différence de potentiel jusqu'à 2,3 volts en même temps qu'un dégagement d'oxygène à l'anode et que le recouvrement de deux électrodes par une couche noire adhérente et épaisse. Si l'on enlève cette couche, par décapage dans un acide, et qu'on reprenne l'électrolyse, la différence de potentiel diminue bien un peu, mais elle reste notablement supérieure à sa valeur normale et reprend bientôt la valeur de 2,3 volts. Mais si, en même temps qu'on effectue ce décapage, on filtre l'électrolyte pour le séparer du dépôt d'hydroxyde, puis qu'on l'acidule avec de l'acide sulfurique, l'électrolyse se poursuit pendant plusieurs heures aussi régulièrement qu'au début. Ces faits donnaient à penser que l'on obtiendrait une marche constamment régulière en maintenant la solution acide, et c'est ce que l'expérience confirma. D'autre part l'auteur reconnut que l'électrolyte devient plus rapidement alcalin dans les couches supérieures que dans les couches inférieures, et il en conclut qu'il convenait de maintenir constamment l'électrolyte en circulation. Pour réaliser cette double condition, maintien de l'acidité et circulation, il fait arriver dans le bain un courant de gaz carbonique. Il se forme alors, non plus un précipité d'hydroxyde, mais un précipité volumineux d'hydrocarbonate de cuivre $CuCO^3Cu(OH)^2$, qui peut être employé comme l'hydroxyde et qui a même sur ce dernier l'avantage d'être plus facile à conserver et à sécher sans qu'il y ait à craindre sa déshydratation, c'est-à-dire de transformation en oxyde noir.

Toutefois, l'emploi d'un courant de gaz carbonique n'élimine pas toutes les difficultés. Il faut encore empêcher l'hydrocarbonate de venir en contact avec la cathode, car alors il est réduit à l'état de cuivre métallique qui ne se dissout pas dans les acides faibles et provoque une perte en métal. Mais il est facile d'éviter ce contact en entourant la cathode d'une enveloppe en toile.

L'auteur a également étudié l'application industrielle de ce procédé. — Pour éviter l'accumulation, dans les bacs, de l'hydrocarbonate, ceux-ci sont disposés en gradins, le bac le plus haut étant alimenté d'électrolyte filtré et acidifié, le bac le plus bas pouvant déverser son trop plein dans deux réservoirs. Quand l'un de ces réservoirs est plein, on laisse reposer son contenu, pendant que le second réservoir se remplit, et l'on décante; le liquide décanté est renvoyé dans le réservoir de tête, tandis que l'hydrocarbonate et le liquide qui l'imprègne sont refoulés à l'aide d'une pompe à membrane, dans un filtre-presse. — Les bacs peuvent être en bois, sans aucun doublage, les bords étant imprégnés de goudron ou de paraffine pour éviter les sels grimpants; leur hauteur doit être de 25cm à 30cm, supérieure à celle des plaques, pour pouvoir munir celles-ci d'attaches assez longues mettant les contacts à l'abri des sels grimpants et pour laisser au-dessous des plaques un espace suffisant pour que le dépôt d'hydrocarbonate ne les touche pas. — Les électrodes sont des plaques de cuivre de 25mm à 30mm d'épaisseur, pesant environ 50kg et obtenues par affinage et fusion de vieux déchets de cuivre : les frais d'affinage et de fusion sont évalués à 15fr par tonne. — Il convient d'associer les bacs par séries de 20 à 25, de manière à pouvoir employer une différence de potentiel entre électrodes extrêmes de 40 à 50 volts et, par suite, utiliser une dynamo d'un bon rendement. En comptant une chute de 2 volts par bac et une quantité de cuivre dissoute de 1g par ampère-heure, une puissance de 130 chevaux, soit 86 kw, est nécessaire pour effectuer en 24 heures la dissolution de 1t de cuivre, correspondant à la fabrication de 4t de sulfate de cuivre. — L'hydrocarbonate est desséché à basse température dans une étuve à vapeur; après dessiccation, il renferme environ 55 pour 100 de Cu, 20 pour 100 de CO^2 et 25 pour 100 de H^2O. Il se dissout sans résidu dans les acides mêmes très dilués (acide sulfurique à 40g par litre, acide acétique à 10 pour 100) et dans l'ammoniaque.

Procédé de la Westdeutsche Thomasphosphat-Werk Gesellschaft, pour la production des azotates. (Brevet français 348189; *L'Industrie électrochimique,* t. IX, p. 55, juillet 1905). — Les composés nitreux formés par l'action des décharges électriques sur l'air contiennent souvent plus de 50 pour 100 d'acide azoteux, de sorte que l'azotate formé par leur absorption renferme plus de la moitié de son poids d'azotite. Si l'azotate est destiné à être utilisé comme engrais, la présence d'azotite ne présente pas d'inconvénient capital, car il résulte des recherches de Lepel (*Société chimique allemande,* 37e année, n° 4, p. 719) et de celles de Schulz (*Thèse inaugurale,* Königsberg, 1903) que l'influence des azotites sur la germination et la croissance des plantes est comparable à celle des azotates. Toutefois les azotites ont l'inconvénient d'être très déliquescents, de sorte que les mélanges d'azotate et d'azotite absorbent une quantité d'eau considérable dont le poids augmente les frais de transport, et qu'en outre ils s'agglomèrent en morceaux qui entravent le fonctionnement des machines à épandre l'engrais. D'ailleurs, dans certaines applications des azotates, comme dans la fabrication de la poudre, la présence d'azotite peut être très gênante. — La Westdeutsche Thomasphosphat-Werk Gesellschaft est parvenue à diminuer la proportion d'azotite en diminuant la puissance des étincelles transformant l'air en composés nitreux. Cette proportion, qui est d'environ 50 pour 100 lorsque les appareils ont une puissance de 200 watts et plus, tombe, en effet, à 45 pour 100 pour 180 watts, et à 18-20 pour 100 pour 120 watts, et finit même par devenir nulle lorsque la puissance employée est très faible. Dans ce dernier cas on obtiendra donc de l'acide azotique pur lorsqu'on absorbera par l'eau les gaz résultant du traitement électrique de l'air; il suffira de multiplier le nombre des appareils pour obtenir la production désirée.

Procédé Cassel pour la fabrication de l'ammoniaque (Brevet français 346066; *L'Industrie électrochimique,* t. IX, p. 54, juillet 1905). — On commence par préparer des composés nitreux par l'action des décharges électriques sur l'air, puis on fait passer ces composés dans une solution de soude ou de potasse et enfin on électrolyse le mélange d'azotate et d'azotite ainsi obtenu. Dans cette électrolyse les sels sont réduits en ammoniaque que l'on sépare à l'état gazeux et en alcali caustique qui sert à une nouvelle opération; en même temps il se dégage de l'oxygène qui peut être utilisé à augmenter la proportion de ce gaz dans l'air et, par suite, à augmenter le rendement en produits nitreux de la première opération. — Toutefois l'électrolyse ne donne un rendement satisfaisant en ammoniaque que si la solution contient une certaine proportion d'azotite; il convient donc

d'ajouter de l'azotite à la solution si celle-ci n'en contient pas assez. Un autre moyen d'augmenter le rendement consiste à additionner la solution dans une petite quantité (5 pour 100) d'un sel de plomb, de l'azotate de plomb, par exemple. Enfin, un troisième moyen est d'opérer avec une densité cathodique assez faible. — Au lieu de faire agir les composés nitreux sur de la soude ou de la potasse, on peut les faire agir sur de la chaux ou du carbonate de calcium; puis on traite la dissolution d'azotite et d'azotate de calcium par un sel alcalin et enfin l'on soumet à l'électrolyse le mélange d'azotate et d'azotite alcalin ainsi obtenu. Cette variante du procédé permet de préparer une solution alcaline pure en même temps que l'ammoniaque.

Essais comparatifs sur la galvanisation électrolytique et la galvanisation par trempe, par Ignaz SZIRMAY (*Zeitschrift für Elektrochemie,* t. XI, p. 335, 2 juin 1905). — L'auteur arrive aux conclusions suivantes, qui montrent la supériorité du procédé électrolytique sur le procédé par trempage à chaud, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue de la résistance aux influences atmosphériques :

1° Par le procédé de galvanisation à chaud, il faut, pour protéger le fer de la rouille, appliquer des quantités relativement considérables de zinc, à cause de l'impureté inévitable du zinc. Au contraire, dans le procédé électrolytique, il suffit d'un dépôt de zinc beaucoup moindre par suite de la pureté de ce dépôt. — 2° La grande quantité de zinc et l'irrégularité du dépôt, dans le procédé par trempage à chaud, influent sur la solidité et la rouille ne tarde pas à apparaître aux points qui fatiguent mécaniquement. — 3° Par suite de l'utilisation du sel ammoniac et du chlorure de zinc dans le procédé à chaud, les sels de chlore introduits provoquent la rouille de l'intérieur vers l'extérieur. En outre, dans le cas de galvanisation de tubes, le zinc fondu, qui a une consistance visqueuse, ne pénètre pas assez rapidement par la section étroite du tube; il se produit alors des bandes nues en certains points, en d'autres points des amas de métal se solidifient, de sorte que l'intérieur du tube se rouille rapidement.

Tous ces inconvénients sont évités par le procédé électrolytique, à condition de choisir convenablement le bain d'électrolyse. L'auteur ne donne d'ailleurs aucun autre renseignement particulier sur la nature des bains qui conviennent le mieux. L. J.

Contribution à l'étude de l'électrolyse avec courants alternatifs, par ANDRÉ BROCHET et JOSEPH PETIT (*Zeitschrift f. Elektrochemie,* t. XI, p. 441, 14 juillet 1905). — Dans cette étude les auteurs étudient les différences qui existent, au point de vue des réactions chimiques, entre les différentes formes de courant :

1° Le courant interrompu peut, dans certains cas, avoir une action différente du courant continu, à cause de la différence de densité de courant. C'est ainsi, par exemple, qu'il produit une dissolution anodique du platine dans l'acide sulfurique et augmente la pulvérisation d'une cathode de platine en solution alcaline ainsi que sa dissolution en présence du cyanure. Vraisemblablement, un courant fréquemment interrompu agit comme un courant dans le circuit duquel se trouve un interrupteur de Wehnelt. Un interrupteur mécanique ou à mercure donne un courant de forme plus ou moins régulière et les réactions sont semblables à celles du courant interrompu. Il est à supposer que d'autres réactions peuvent être influencées par cette variation de la densité du courant.

2° Le courant sinusoïdal et celui produit par un inverseur ont la même action électrolytique. Il en est de même pour le courant secondaire d'un transformateur dans le circuit duquel se trouve un interrupteur de Wehnelt. Si, cependant, dans le cas précédent, les quantités d'électricité des deux phases sont égales, les intensités ont leur maximum et la durée de chacune des phases est différente, de sorte que, dans les deux cas, la forme de la courbe n'est pas la même. — C'est ainsi que l'on constate par l'électrolyse du cyanure de baryum que la dissolution des deux électrodes de platine est différente.

3° Le courant alternatif n'a aucune action spécifique. Tout au plus peut-on caractériser l'électrolyse de H^2SO^4 avec électrodes de plomb, par ce fait qu'on obtient une oxydation et une réduction successives des produits intermédiaires. Il est difficile, dans ce cas, d'expliquer la transformation du carbonate d'ammoniaque en urée, car les produits intermédiaires sont solubles et la même réaction peut aussi avoir lieu avec le courant continu, les produits diffusant d'une électrode à l'autre. — Par ces actions du courant alternatif, la variation de la densité du courant ne paraît avoir aucune influence en ce qui concerne la nature de la réaction.

4° Dans certains cas, la variation de la densité du courant paraît avoir une action importante sur l'électrolyse, mais il n'y a là, dans ces cas, aucune propriété spéciale du courant alternatif.

5° En général, les réactions trouvées pendant l'électrolyse par courant alternatif sont le résultat des actions anodique et cathodique qui se succèdent continuellement à la même électrode.

Les ions séparés pendant une demi-période se trouvent dans le voisinage immédiat des ions de signe contraire qui se neutralisant par les premiers redonnent naissance à l'électrolyte initial. Aucune action ne se remarque dans ce cas. Si l'on veut avoir une nouvelle combinaison, on doit choisir des conditions telles que les premiers ions aient déjà cédé leur charge et soient ainsi en sécurité avant l'apparition des ions contraires. — Les vitesses de réaction ont une influence importante. Les réactions sont d'autant plus complètes que la fréquence est faible, les ions libres ayant alors le temps de se décharger.

Une densité élevée de courant facilite également la décharge des ions libres et augmente leur quantité par unité de surface. — Par suite des réactions, la nature de l'électrode varie dans le cours d'un essai. La surface tend à devenir spongieuse, de sorte que le système ne se trouve pas, à la fin de l'opération, dans le même état qu'au commencement. La résultante de l'action anodique et de l'action cathodique n'est plus la même, soit à cause de l'action catalytique, soit à cause de la diminution de densité de courant, résultant de la surface spongieuse du métal.

6° En ce qui concerne l'utilité de l'électrolyse par courant alternatif, il est encore prématuré de répondre. En dehors de leur valeur théorique, la plupart des réactions observées jusqu'ici, sauf la préparation du platinocyanure de baryum (voir *La Revue Électrique,* t. I, p. 317), n'offrent aucune valeur pratique. L'action dissolvante sur le platine et le plomb dans l'acide sulfurique et sur le platine et le fer dans les cyanures, de même que la variation de surface des électrodes sont des plus intéressantes. S'il est possible de les obtenir avec d'autres courants, c'est à l'aide du courant alternatif qu'on les produit le mieux. — Si l'on joint à ces problèmes celui non encore résolu du redressement électrolytique, on peut prédire un emploi à cette espèce particulière d'électrolyse. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

BETTS, USAP. 795886, 1er avril 1903 (aluminium). — CLASSEN. BP. 12291, 1905 (galvanoplastie). — DE HEMPTINNE. USAP. 797102, 7 février 1905 (conversion de l'acide oléique en acide stéarique). — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 18840 (galvanoplastie). — KENDALL. USAP. 795517, 31 mai 1905 (acier au tungstène).

MESURES ET ESSAIS.

L'analyse harmonique simplifiée, par SILVANUS-P. THOMPSON (*Electrician*, t. LV, p. 78-80, 5 mai 1905).

La plupart des méthodes qui ont été proposées pour décomposer pratiquement les courbes périodiques en leurs harmoniques sont basées sur les deux égalités suivantes :

$$\int_{t=0}^{t=T} \sin^2 \omega t \, dt = \frac{1}{2} T,$$

$$\int_{t=0}^{t=T} \sin r\omega t \sin s\omega t \, dt = 0,$$

r et s étant deux nombres entiers quelconques. Il résulte de ces théorèmes que, si l'on multiplie tous les termes de la série de Fourier par $\sin n\omega t$ (n étant un nombre entier quelconque) et si l'on intègre, pour une période entière, tous les termes s'annulent sauf l'harmonique du $n^{\text{ième}}$ ordre. C'est ce procédé, consistant à multiplier par le sinus d'un angle, et à intégrer, qu'on applique dans tous les procédés arithmétiques, graphiques et mécaniques qui ont été publiés.

L'auteur expose ici un procédé d'analyse qui dérive d'une méthode publiée par le professeur C. Runge en 1903 dans le *Zeitschrift für Mathematik und Physik*. Le Mémoire de M. Runge traite la question d'une façon générale, mais M. Silvanus Thompson a reconnu que la méthode se simplifie beaucoup si on l'applique au cas où la série de Fourier ne contient que des termes de rang impair. On dirigera le calcul de la manière suivante :

1° *Choix des ordonnées.* — On divise la demi-période en $2m$ parties égales, d'où $2m - 1$ ordonnées équidistantes.

2° *Calcul des sommes et des différences.* — On groupe les ordonnées deux par deux de façon à réunir l'ordonnée d'un angle quelconque avec celle de l'angle supplémentaire. Les sommes donneront seulement des termes sinus et les différences seulement des termes cosinus, puisque

$$\cos n\theta = -\cos(\pi - n\theta) \quad \text{et} \quad \sin n\theta = \sin(\pi - n\theta).$$

On écrit donc les valeurs des ordonnées en deux rangées, l'une au-dessous de l'autre, la première rangée de m termes, de droite à gauche, la seconde de $m - 1$ termes de gauche à droite, et l'on prend les sommes et les différences des termes placés sur une même verticale. Les sommes serviront au calcul des coefficients des termes sinus, A_1, A_3, A_5, ..., et les différences au calcul des termes cosinus B_1, B_3, B_5, ...

3° *Groupement des harmoniques.* — Un nouveau groupement est possible pour les harmoniques d'ordre tel que le nombre exprimant cet ordre ait un facteur commun avec le nombre m (la demi-période étant partagée en $2m$ divisions); tels seront, par exemple, le 3e et le 9e harmonique, si $m = 9$. Car pour former le coefficient du 3e harmonique, il faut multiplier l'ordonnée à 15° par sin 45°, l'ordonnée à 45° par sin 135° et l'ordonnée à 75° par sin 225°; or, puisque sin 45° = sin 135° = — sin 225°, les trois ordonnées à 15°, 45° et 75°, ainsi que les trois ordonnées correspondant aux angles supplémentaires 165°, 135° et 105°, devront toutes être multipliées par sin 45° (avec signe + ou —) et ensuite additionnées (pour l'intégration). Il y a donc avantage à les additionner avant de les multiplier par sin 45°, ce qui réduit de 6 à 1 le nombre des multiplications.

4° *Disposition du calcul.* — On dispose les nombres ainsi groupés en un Tableau commode et l'on multiplie chacun d'eux par le sinus de l'angle auquel il correspond. Cette opération se fait rapidement à l'aide d'une règle à calcul. Ainsi, pour avoir les coefficients jusqu'au 17e harmonique, ce qui oblige à relever 36 ordonnées, il ne faut que 65 multiplications au lieu de 630 qu'exige une méthode récemment proposée par M. S. Kintner dans l'*Electrical World*. Comme l'indique le Tableau reproduit plus loin, les termes sinus sont inscrits à partir du haut, en regard des angles croissants de 0° à 90°; les termes cosinus sont inscrits à partir du bas, en regard des angles décroissants de 90° à 0°. Les coefficients cherchés s'obtiendront, comme on le verra, par groupes de deux : ainsi, si l'on a relevé 12 ordonnées, les 1er et 11e harmoniques s'obtiendront ensemble, les 3e et 9e ensemble, etc. C'est pourquoi on inscrira les nombres en deux colonnes juxtaposées, entre lesquelles on les partagera alternativement, suivant une ligne en zigzag.

4° *Intégration par addition et soustraction.* — Rappelons que les coefficients de l'harmonique du $n^{\text{ième}}$ ordre sont donnés par les intégrales

$$A_n = \frac{2}{T} \int^{T} y \sin n\omega t \, dt,$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^{T} y \cos n\omega t \, dt.$$

L'intégration devient ici une simple sommation des produits effectués précédemment. Mais remarquons que, dans le cas où l'on a pris 12 ordonnées, le 11e coefficient s'obtiendra en multipliant par les mêmes sinus qui auront donné le 1er coefficient, à condition d'affecter ces sinus des signes + et — alternativement. On formera donc deux colonnes

(*voir* le Tableau) dont l'une comprendra les nombres correspondant aux ordonnées 1, 3, 5, l'autre les nombres correspondant aux ordonnées 2, 4, 6; on effectuera séparément les totaux de ces deux colonnes. La somme de ces deux totaux sera l'intégrale du coefficient du 1er harmonique et leur différence sera l'intégrale du coefficient du 11e harmonique. Finalement ces sommes et ces différences devront être divisées par la moitié du nombre des ordonnées prises de façon à donner le double de la moyenne. Si l'on a pris 12 ordonnées (y compris le zéro à l'origine), on divisera par 6; si l'on a pris 18 ordonnées, on divisera par 9. La sommation, qui correspond ici à l'intégration, est prise sur une demi-période. Mais, comme les deux demi-périodes sont semblables et comme, dans la première phase du calcul, on a additionné les ordonnées correspondant aux angles supplémentaires, ce qui a doublé les sinus par lesquels on les a multipliées ensuite, le résultat est le même que si l'on avait divisé la somme par 2 et étendu ensuite la sommation de 0° à 360°.

L'application ci-dessous montre le détail des opérations. Elle s'applique à un cas où l'on a relevé 11 ordonnées par demi-période, ou 12 en comptant l'ordonnée nulle à la fin.

Analyse d'une courbe périodique ne contenant que des harmoniques impairs, jusqu'au 11e harmonique. — Les deux demi-périodes seront semblables, de sorte que, si l'on prend l'axe à égale distance du point le plus haut et du point le plus bas de la courbe, il n'y aura pas de terme constant. On simplifiera encore en prenant l'origine au point où la courbe coupe l'axe.

1° Diviser la demi-période en 12 parties égales et mesurer les 11 ordonnées $y_1, y_2, y_3, \ldots, y_{11}, y_{12}$ et y_0 étant égales à zéro.

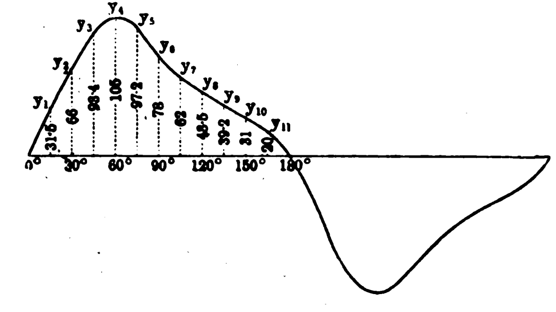
2° Disposer ces ordonnées comme ci-dessous :

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	
Sommes.........	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
Différences.......	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6

3° Pour faciliter le calcul des coefficients du 3e et du 9e harmonique, grouper ainsi les nombres qu'on vient d'obtenir :

$$s_1 + s_3 - s_5 = r_1,$$
$$s_2 - s_6 = r_2,$$
$$d_1 - d_3 - d_5 = e_1.$$

Fig. 1.



4° Disposer les nombres qu'on vient de calculer dans le Tableau ci-dessous, en multipliant chacun d'eux, avant de l'inscrire, par le sinus en regard dans la colonne de gauche.

ANGLES.	TERMES SINUS.			TERMES COSINUS.		
	1er et 11e harmoniques.	3e et 9e harmoniques.	5e et 7e harmoniques.	1er et 11e harmoniques.	3e et 9e harmoniques.	5e et 7e harmoniques.
sin 15° = 0,262	s_1		s_5	d_5		d_1
sin 30 = 0,500	s_2		s_2	d_4		d_4
sin 45 = 0,707	s_3	r_1	$-s_3$	d_3	e_1	$-d_3$
sin 60 = 0,866	s_4		$-s_4$	d_2		$-d_2$
sin 75 = 0,966	s_5		s_1	d_1		d_5
sin 90 = 1,000	s_6	r_2	s_6		$-d_4$	
Total 1re colonne..........	...	...	...	...	...	...
Total 2e »	...	...	...	...	...	...
Somme....................	$6A_1$	$6A_3$	$6A_5$	$6B_1$	$6B_3$	$6B_5$
Différence	$6A_{11}$	$6A_9$	$6A_7$	$6B_{11}$	$6B_9$	$6B_7$

Résultat :

$$y = A_1 \sin\theta + A_3 \sin 3\theta + A_5 \sin 5\theta + A_7 \sin 7\theta + A_9 \sin 9\theta + A_{11} \sin 11\theta + B_1 \cos\theta + B_3 \cos 3\theta + B_5 \cos 5\theta + B_7 \cos 7\theta + B_9 \cos 9\theta + B_{11} \cos 11\theta.$$

Parmi les exemples numériques fournis par l'auteur, le suivant se rapporte au cas d'une courbe périodique où n'apparaissent que des harmoniques impairs jusqu'à celui du cinquième ordre. Les ordonnées sont prises de 30° en 30°. La courbe est représentée par la figure 1. Les ordonnées ont les valeurs suivantes :

$$y_0 = 0, \quad y_1 = 4, \quad y_2 = 9{,}5, \quad y_3 = 9,$$
$$y_4 = 3, \quad y_5 = 2, \quad y_6 = 0.$$

Groupement :

	4	9,5	9
	2	3	
Additions	6	12,5	9
Soustractions	2	6,5	

Groupement pour le 3e harmonique : 6 — 9 = — 3.

TABLEAU.

sin30° = 0,500.	3		3,25	
sin60 = 0,866.	10,7		1,73	
sin90 = 1,000.	9	— 3		— 6,5
Total 1re col..	12	— 3	3,25	— 6,5
Total 2e col...	10,7		1,73	
Somme.......	22,7	— 3	4,98	— 6,5
Différence	1,3		1,52	
Division par 3.	$A_1 = 7,57$ $A_5 = 0,43$	$A_3 = -1$	$B_1 = 1,66$ $B_5 = 0,51$	$B_3 = -2,17$

Résultat :

$$y = 7,57 \sin\theta - 1,0 \sin 3\theta + 0,43 \sin 5\theta + 1,66 \cos\theta - 2,17 \cos 3\theta + 0,51 \cos 5\theta.$$

Le travail du calcul varie à peu près comme le cube du nombre des ordonnées relevées. Si l'on veut calculer les coefficients jusqu'à celui de l'harmonique du 17e ordre (18 ordonnées), le temps nécessaire est d'environ 70 minutes. Pour aller jusqu'au 11e ordre (12 ordonnées), il ne faut que 25 minutes. Jusqu'au 5e ordre (6 ordonnées), 3 minutes seulement.

Il arrive rarement, en pratique, qu'on ait à s'occuper d'harmoniques d'un rang supérieur au 17e, et comme, dans les réseaux triphasés, le montage en étoile neutralise les harmoniques de rang 3, 9, 15 et 21, le 19e et le 23e harmonique sont les seuls termes de rang élevé qu'on puisse avoir à considérer. Ils ne se produisent guère que par le fait d'une résonance accidentelle; cependant le Dr Thornton a observé le 23e harmonique dans des oscillographies prises sur un alternateur à quatre encoches par phase et par pôle. P. L.

Appareil de mesure des facteurs pénétration et quantité des rayons X, et totaliseur radiophotométrique, par G. CONTREMOULINS (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 26, 3 juillet). — Cet appareil se compose de deux parties : le *métroradioscope* mesurant la pénétration moyenne de la quantité de rayons X émis par décharge, et le *radiophotomètre* qui est un totaliseur photographique. — Le métroradioscope est un photomètre à rayons X qui a pour principe la comparaison de trois plages lumineuses dont on égalise les teintes. La première de ces plages est un simple terme de comparaison, la seconde fournit la lecture de la pénétration dominante, la troisième donne l'évaluation de la quantité de rayons X émis par décharge. La plage de comparaison est constituée par un écran au platinocyanure de baryum pur recevant directement un faisceau des radiations à mesurer; à l'avant de cette plage, entre l'observateur de l'écran, est interposé un verre neutre absorbant 70 pour 100 des radiations émises par l'écran. La plage qui fournit la mesure de la pénétration est constituée par une portion et même écran; derrière cette seconde plage, entre elle et la source radiante, est monté un disque à secteurs, chacun de ces secteurs étant recouvert de couches d'argent électrolytiques de 2, 4, ..., 14 et 16 centièmes de millimètre d'épaisseur correspondant aux pénétrations 1 à 8; la pénétration est déterminée quand il y a égalité de teinte entre la plage de comparaison et la plage de pénétration. La troisième plage est constituée par un prisme à réflexion totale recevant la lumière d'une source étalonnée (étalon à l'acétylène Féry) après qu'elle a traversé un dispositif optique qui fait varier à volonté l'éclairement dans des proportions inscrites sur une échelle; cette échelle est graduée en fonction de la fréquence des décharges; une cuve à sulfate de cuivre permet d'identifier la couleur de la troisième plage avec les deux autres. — Le radiophotomètre est formé de deux échelles d'argent électrolytique d'épaisseur croissante, l'une suivant une progression arithmétique, l'autre suivant une progression géométrique, auxquelles s'ajoutent des paramètres correspondant à la durée de l'expérience. Sous ce dispositif se loge un châssis contenant une plaque radiographique choisie dans la même émulsion que celle qui est utilisée pour l'expérience. Ces deux plaques sont ensuite développées dans des conditions identiques jusqu'à un degré de réduction déterminé par l'apparition d'une des cases choisies par avance sur l'échelle radiophotométrique, puis fixées en même temps et de la même manière en vue du tirage d'épreuves photographiques — L'ensemble de l'appareil indique donc à tout moment la nature et la valeur des radiations employées, ce qui permet le réglage incessant du tube, et de plus il enregistre la totalisation des effets obtenus pendant la durée de l'expérience.

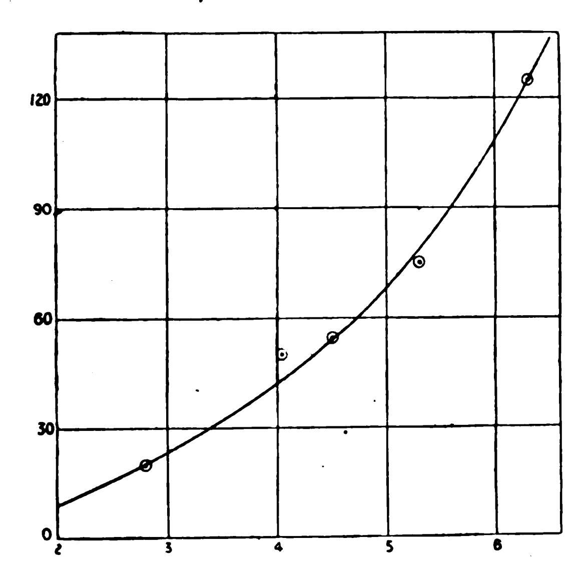
Compensateur de température pour les instruments de mesure thermoélectriques, W. H. BRISTOL (Brevet français, 351599, 18 février 1905). — La force électromotrice d'un couple thermoélectrique étant supposée proportionnelle à la différence de température des soudures du couple, on peut éviter de mesurer la température de la soudure froide en insérant dans le circuit et tout près de cette soudure un compensateur constitué par un fil recourbé en boucle à branches parallèles ou en hélice logé dans le tube d'une espèce de thermomètre. L'élévation du niveau du mercure sous l'influence de la température met en court-circuit une partie du fil compensateur et diminue la résistance du circuit. Les dimensions sont déterminées de façon que cette diminution de résistance compense l'abaissement de la force électromotrice dû à l'accroissement de la température de la soudure froide. — On conçoit que, si la variation du couple n'est pas proportionnelle à la différence des températures, on puisse encore obtenir la compensation, en modifiant la forme du circuit compensateur ou la section du tube dans lequel il se trouve. G.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : BRAUMONT. BP. 18520, 1904. — BLATHY. USAP. 794654, 16 novembre 1902. — BUSCH. BP. 5827, 1905. — COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. BF. 354546, 23 mai 1905. — COMPAGNIE CONTINENTALE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS. BP. 8540, 1905. — CONRAD. USAP. 794395, 20 janvier 1904. — DANGLER. USAP. 796821, 9 décembre 1904. — DARLINGTON. USAP. 794395, 20 janvier 1904. — DUNCAN. USAP. 796031 à 796034, 796037, 796043 à 796045, 796049, 796060 à 796067, entre le 26 juin 1900 et le 10 octobre 1904.

DIVERS.

Sur l'effet d'un champ magnétique transversal sur la décharge électrique dans un tube à vide, par John PECK (*Philosophical Magazine*, 6e série, t. X, p. 67-71, juillet). — On sait qu'un champ magnétique transversal a généralement pour effet d'accroître la différence de potentiel entre électrodes; cet effet est probablement dû à ce que, les ions se trouvant déviés par le champ vers l'une des parois du tube, la section du flux qu'ils forment se trouve réduite, d'où augmentation de la résistance offerte par le gaz. Toutefois il a été trouvé par Willows (*Phil. Mag.*, février 1901) qu'un champ transversal agissant sur la cathode diminue la résistance du tube si la pression est au-dessous d'une certaine limite, tandis qu'il l'augmente si la pression est au dessus de cette limite. Tout récemment (*Phys. Proc.*, 27 janv. 1905) Willows a donné de ce fait l'explication suivante : Sous l'action du champ les rayons cathodiques, au lieu de traverser directement l'espace sombre cathodique avec une grande vitesse, sont obligés de parcourir un trajet plus long dans cet espace; ils ont par conséquent plus de chances de produire des ions libres par collision et l'accroissement du nombre des ions libres diminue la chute de potentiel cathodique; d'où diminution de la résistance totale offerte par le tube. — D'après cette explication, toute cause ayant pour effet de diminuer la chute de potentiel cathodique en l'absence du champ transversal doit avoir aussi pour effet de diminuer ou même d'annuler l'action de ce champ. Or Wehnelt a trouvé (*Ann. d. Physik.*, t. XIV, p. 425-468) que la chute de potentiel cathodique est notablement réduite quand on recouvre la cathode de certains oxydes métalliques (oxyde de calcium par exemple), puis qu'on la porte à l'incandescence. Il était donc intéressant de rechercher quelle est l'action d'un champ transversal sur un tube muni d'une cathode de ce genre. C'est le but du travail de M. Peck.



Pour former la cathode, M. Peck prend une boucle en fil de platine qu'il trempe à plusieurs reprises dans une solution concentrée d'azotate de calcium et qu'il chauffe ensuite dans la flamme d'un chalumeau pour décomposer ce sel. Cette cathode est scellée à la cire au fond d'un tube vertical contenant de l'air. On fait alors le vide dans ce tube, puis on y fait passer la décharge d'une bobine d'induction. En même temps on porte la cathode à l'incandescence en faisant passer le courant d'une batterie d'accumulateurs dans le fil de platine qui en forme l'âme; pour éviter que l'échauffement des conducteurs de cuivre, auxquels est soudé le fil de platine, ne fasse fondre la cire, un courant d'eau froide refroidit constamment la partie inférieure du tube de décharge. — La différence de potentiel entre les électrodes de ce tube était évaluée à l'aide d'un électromètre Kelvin. Pour cela le tube de décharge était shunté par un tube rempli de xylène et l'on reliait l'électromètre en deux points de ce shunt : on mesurait ainsi une chute de potentiel proportionnelle à celle entre électrodes.

Les résultats trouvés confirment l'explication de Willows et la conséquence tirée par M. Peck. Quand la cathode était chauffée au rouge, le champ produisait une diminution de la différence de potentiel entre électrodes, et cette diminution devenait de plus en plus faible lorsqu'on augmentait la température; au rouge blanc, le champ produisait une augmentation de cette différence de potentiel.

L'auteur a aussi recherché l'influence de la grandeur du champ sur la variation de la différence de potentiel entre électrodes, la pression dans le tube étant maintenue constante (0mm,11 de mercure), ainsi que la température de la cathode. Il a trouvé que cette différence de potentiel augmente avec l'intensité du champ. Les résultats de ces expériences sont indiqués par la courbe ci-jointe, où les nombres portés en abscisses représentent l'intensité du courant magnétisant évaluée en ampères et où les nombres portés en ordonnées représentent les augmentations de la différence de potentiel, évaluée en volts, mesurées par l'électromètre.

L'hystérèse d'aimantation de la pyrrothine, par P. WEISS (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 245, 24 juillet). — Dans cette Note, l'auteur expose quelques-uns des résultats qu'il a obtenus dans son étude de la pyrrothine sur laquelle il a déjà communiqué plusieurs Notes.

La radioactivité, par P. HARCKMAN (*Bul. Soc. belge d'Electriciens*, t. XXII, p. 459-470, juillet 1905). — L'auteur, s'inspirant des théories du professeur de Heen sur la constitution de l'atome et la nature de l'électricité, cherche à expliquer la radioactivité et la phosphorescence.

Moment dans le champ électrique, par J.-J. THOMSON (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 331-356). — Développement de la théorie mathématique dont les principes ont été exposés par l'auteur dans les *Recent Researches*. M. L.

Extinction de la radioactivité induite par le thorium, le radium, l'actinium, par Miss H. BROOKS (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 373). — Les poussières de l'air qui deviennent radioactives influent sur la loi d'extinction : ce qui explique les irrégularités observées. Il se produit trois phénomènes successifs : d'abord une première phase très rapide accompagnée de l'émission de rayons α; une deuxième, pendant laquelle ne se produit aucune émission et, par suite, où la radioactivité demeure constante; enfin, une troisième pendant laquelle il y a encore émission de rayons α.

M. L.

Influence de la température sur la perméabilité du nickel et du fer, par E.-Ph. HARRISON (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 179-205). — Il y a lieu de considérer non pas une température critique, mais un intervalle de température critique. Pour le fer et le nickel, c'est dans le même intervalle que les courbes représentant la perméabilité, la résistance et le pouvoir thermo-électrique changent d'allure. M. L.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Annuaire du Syndicat professionnel des Industries électriques (1905), Un volume, format $14^{cm} \times 22^{cm}$, 430 pages. En vente à la librairie H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : cartonné, $7^{fr},50$.

L'an dernier, le Syndicat professionnel des Industries électriques et l'Association amicale des Ingénieurs électriciens décidèrent, sur la proposition de M. Sartiaux, de publier, à frais communs, un Annuaire contenant, outre la liste des Membres et les Statuts de chacune des deux sociétés, une reproduction des lois, décrets et arrêtés concernant l'Industrie électrique, ainsi que divers autres renseignements utiles aux électriciens et qu'il est souvent difficile de se procurer sans longues recherches. Ainsi compris, le nouvel Annuaire n'intéresse pas seulement les membres des deux Sociétés qui en ont entrepris la publication et c'est ce qui explique sa mise en librairie.

La première Partie de l'Annuaire contient les informations relatives au Syndicat des Industries électriques; elle est précédée d'une Notice de M. Hippolyte Fontaine sur l'histoire du Syndicat depuis 1877, année où une tentative de fondation fut faite sans succès, jusqu'en 1904; elle renferme, en outre, des renseignements utiles sur les associations françaises d'électriciens, les écoles d'électricité, les commissions ministérielles concernant l'Industrie électrique, etc. Cette Partie occupe 66 pages.

La deuxième Partie est consacrée à des renseignements techniques divers et, bien que le titre ne l'indique pas, à des renseignements commerciaux (tarif de transport des colis postaux, déclaration en douane, etc.). Certains de ces renseignements, comme les instructions concernant les installations électriques, la fourniture et la réception des machines, qu'on trouve assez difficilement, sont très certainement à leur place dans cette publication. Mais il nous semble qu'il n'en est pas ainsi pour d'autres renseignements, d'ordre tout à fait technique, comme les unités fondamentales, les diamètres, poids et sections des fils de cuivre, etc., qui se trouvent dans les formulaires d'électricité. A la vérité, les renseignements que nous critiquons n'occupent guère qu'une douzaine de pages et nous nous serions abstenu d'en parler si nous ne craignions de voir, les années suivantes, les renseignements de ce genre prendre un plus grand développement.

Dans la troisième Partie, se trouvent reproduits les lois, décrets, arrêtés, circulaires, etc., qui, à divers titres, intéressent l'Industrie électrique. Cette documentation administrative est classée méthodiquement, et d'assez nombreux renvois font connaître au lecteur les modifications que certains articles ont subies par suite d'une réglementation plus récente; elle sera, sans aucun doute, des plus utiles à beaucoup de chefs d'industrie.

J. B.

Elektrolytische Verzinkung (Zincage électrolytique), par SHERARD COWPER-COLES; traduction de l'anglais en allemand par le Dr EMIL ABEL. Un volume, format $17^{cm} \times 25^{cm}$, 38 pages, 36 figures, 9 Tableaux. Halle a. S., Wilhelm Knapp, éditeur. Prix : broché, 2 mark.

Cette brochure forme le dix-huitième fascicule des *Monographien über angewandte Elektrochemie*. Due à la plume d'un des électrochimistes anglais les plus connus par ses écrits et par ses travaux personnels sur l'électrodéposition du cuivre et du zinc, elle renferme de nombreuses données que les spécialistes consulteront avec profit.

Die elektrolytische Chloratindustrie (L'Industrie des chlorates électrolytiques), par JOHN.-B.-C. KERSHAW; traduction de l'anglais en allemand par le Dr MAX HUTH. Un volume, format $17^{cm} \times 25^{cm}$, 124 pages, 39 figures, 3 Tableaux. Wilhelm Knapp. Halle a. S., éditeur. Prix : broché, 6 mark.

Cette brochure fait également partie des *Monographien über angewandte Elektrochemie*, et est due aussi à un électrochimiste anglais.

Dans une première Partie, l'auteur expose les nombreux travaux d'ordre chimique et d'ordre électrolytique qui ont été entrepris à propos de la préparation des chlorates par électrolyse : travaux de Liebig, Hausermann et Naschold, Œttel, Bischoff et Foerster, Wohlwill, Winteler, Vanbel, Muller, Brochet, etc. Une seconde Partie est consacrée à la description des procédés et appareils utilisés industriellement : Watt, Gall et Montlaur, Gibbs, Carlson, Blumenberg, Lederlin et Corbin, Hurter, Kellner et enfin Gesellschaft fur elektrochemische Industrie. Quelques détails sont ensuite donnés sur la cristallisation et la purification du chlorate de potassium, sur la quantité fabriquée et son prix de revient; sur la fabrication du chlorate de sodium, des perchlorates, des bromates et iodates alcalins, etc. Dans une dernière Partie se trouve une liste des divers brevets relatifs à ces fabrications ainsi qu'un résumé des plus importants de ces brevets.

Très complet et présenté avec clarté, cet Ouvrage ne peut manquer d'intéresser ses lecteurs. H. P.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Congrès international des Mines et de la Métallurgie.

On trouvera dans ce numéro, page 146, une analyse de la Communication faite à ce Congrès par M. G. Gin sur l'Électrosidérurgie.

Signalons que, dans les considérations qui précèdent les extraits de la Communication de M. Pitaval faite à ce même Congrès, extraits publiés dans le dernier numéro, pages 116 et suivantes, une erreur a été commise au sujet de la nature de la source d'énergie qui alimente le four électrique des aciéries Holtzer. Nous avons dit en effet que cette énergie était produite par les gaz des hauts fourneaux, alors qu'en réalité elle est fournie par des machines à vapeur; la différence des prix de revient de l'énergie produite par les gaz de hauts fourneaux et celle produite par la vapeur est assez importante pour motiver cette rectification.

Congrès des Électriciens russes et Exposition électrotechnique de Kieff.

Le 2/15 avril 1906 s'ouvrira à Kieff le quatrième Congrès des Électriciens de toute la Russie, convoqué avec l'autorisation des Ministères de l'Intérieur et des Finances sous les auspices de la Société technique impériale de la Russie et de la ville de Kieff.

Le but poursuivi par ce Congrès consiste dans le rapprochement réciproque entre les électriciens russes, l'étude de l'état actuel de l'industrie, la démonstration des inventions les plus récentes dans le domaine de l'électricité, de l'instruction électrotechnique, etc., etc.

En même temps sera organisée à Kieff une Exposition électrotechnique et surtout des plus nouvelles machines et appareils électriques et de leur application à l'industrie, à l'agriculture et à la science médicale, où seront admis aussi des dessins, plans et modèles de ces inventions.

Le Ministre des Finances a concédé aux exposants étrangers la franchise des droits de douane sur les objets exposés, à condition que les objets soient de nouveau réexpédiés à l'étranger dans un délai de trois mois après la clôture de l'Exposition; les objets exposés qui seront retournés, seront libérés des frais de transport par chemin de fer jusqu'à la frontière. L'ouverture de l'Exposition aura lieu le 25 mars du style russe et elle durera pendant trois mois environ.

La municipalité de la ville de Kieff a aussi fait les démarches nécessaires pous assembler pendant le temps de l'Exposition un grand Congrès des représentants du service des télégraphes, des électrotechniciens et des ingénieurs du service de traction des chemins de fer russes; un Congrès des techniciens et chimistes des fabriques de sucre et encore d'autres Congrès de représentants des industries diverses.

Le Comité de l'Exposition à l'hôtel de ville de Kieff se tient à la disposition des intéressés pour tous les renseignements désirés.

Informations diverses.

Génération. — D'après *Electrician* du 12 juin, le poussier de charbon peut servir, sans avoir besoin d'être aggloméré, au chauffage des chaudières. Dans une installation de Haydock on utilise le menu provenant de la mine et qui contient 4 à 6 pour 100 d'humidité; on le réduit en poussière, puis on le sèche en le faisant passer dans un grand tambour cylindrique permettant de traiter 500 tonnes par semaine; ensuite le poussier est répandu sur la grille au moyen d'un entonnoir et d'une brosse faisant 800 à 1000 tours par minute. Les frais de manutention, de séchage, etc., et ceux d'intérêts et d'amortissement de l'installation (qui coûte 67000^{fr}) s'élèvent, au total, à 1^{fr},10 par tonne; pour un fonctionnement ininterrompu ils s'abaisseraient à 0^{fr},768. Le pouvoir calorifique du poussier ainsi traité est d'ailleurs fort bon : 1^{kg} de poussier peut vaporiser 8^{kg} d'eau.

— Une brochure de M. Edmond Buron sur les *Richesses du Canada* (Paris, 6, rue de Mézières, Guilmot, éditeur), nous apprend que les ressources hydrauliques du Canada atteignent plusieurs millions de chevaux. D'après une enquête faite par le Board of Trade d'Ottowa, il n'y a pas moins de 900000 chevaux hydrauliques dans un rayon de 75^{km} autour de cette cité, soit 664000 chevaux sur la rivière Ottawa, 40000 sur les affluents de cette rivière situés dans la province d'Ontario, et 186000 sur ceux situés dans la province de Québec.

Applications mécaniques. — D'après l'*Œsterr Wochens* du 22 juillet. qui donne de ces installations une description détaillée, l'imprimerie impériale de Vienne, fondée depuis 100 ans, vient d'adopter pour toutes ses machines la commande par moteurs électriques. Il y a 273 machines; la plupart ont un moteur spécial; quelques-unes sont groupées de manière à être mues par un même moteur. L'énergie électrique est fournie par le réseau public de distribution, mais un groupe générateur est en réserve à l'usine pour le cas d'interruption dans la distribution.

— Les deux principaux quartiers de la ville de Cleveland (Ohio) présentent une différence de niveau de 21^{m} que rachète un très court trajet. Étant donnée l'intensité du trafic une compagnie privée a pensé qu'il serait rémunérateur d'installer un plan incliné mobile pour, moyennant une redevance de 0^{fr},50 par véhicule, monter les lourds camions ou les descendre, la descente étant aussi difficile et plus périlleuse que la montée. Ce plan incliné est constitué par un plancher articulé s'enroulant aux deux points extrêmes sur des treuils actionnés par de puissants moteurs électriques. La vitesse de déroulement est d'environ 4 km:h, ce qui permet un transport journalier de 600 à 1000 voitures.

Traction. — Passant en revue les grandes locomotives électriques construites récemment par la Westinghouse Cº, la *Zeitschrift für Elektrotechnik* fournit quelques données sur les locomotives suivantes : — 1º Locomotive de 300 chevaux, 25 tonnes, 2 essieux pourvus de roues de 104^{cm} de diamètre, 2 moteurs monophasés alimentés à 3000 volts par un transformateur recevant le courant à 18000 volts; commande pneumatique des appareils de réglage. Cette machine, qui doit remorquer des trains de 70 tonnes à la vitesse de 64 km:h, est destinée provisoirement aux essais effectués en vue de l'introduction de la traction électrique sur les grandes lignes suédoises. — 2º Locomotive de 1500 chevaux, 135 tonnes, deux trucks à 3 essieux avec roues de 150^{cm} de diamètre, 6 moteurs monophasés de 225 chevaux recevant le courant à 140-320 volts d'un transformateur alimenté à 6600 volts. Cette machine sert à la traction dans l'intérieur des usines de Pittsburg. — 3º Locomotive de 1200 chevaux, 50 tonnes, 4 moteurs à courant continu de 300 chevaux, à refroidissement artificiel par l'air comprimé. Cette machine est utilisée sur le Métropolitain de Londres; neuf autres semblables sont commandées.

Télégraphie sans fil. — On a souvent proposé d'utiliser la télégraphie sans fil à l'échange de signaux entre les stations de chemin de fer et les trains en marche. Récemment des essais de ce genre ont été faits sur le Chicago and Alton Railway et ces essais ont été si concluants qu'on a décidé d'installer le système sur tous les trains rapides du réseau et d'étendre son emploi au service des voyageurs.

— Le gouvernement péruvien s'est adressé à la Gesellschaft fur Drahtlose Telegraphie pour l'établissement de cinq stations radiotélégraphiques dans les Cordillères en vue d'assurer des communications entre le bassin de l'Amazone et la côte du Pacifique. Les stations extrêmes seront Puerto-Hermudez, point terminus des lignes télégraphiques ordinaires, et Iquitos, distant de 1000^{km}. On a l'intention d'étendre ultérieurement le service radiotélégraphique jusqu'à Manaos sur l'Amazone et de là à Para sur l'océan Atlantique, de manière à assurer une communication sans fil entre le Pacifique et l'Atlantique.

— Des liaisons par télégraphie sans fil sont projetées entre l'Australie, la Nouvelle-Zélande et les îles environnantes.

— D'après *Electrical Review*, du 3 juin, le vapeur *Campania* de la Compagnie Cunard, qui est arrivé le 27 mai à New-York, est resté pendant toute sa traversée en liaison télégraphique avec la terre. La transmission de la station Marconi de Poldhu commença à 500^{km}. Lorsque le vapeur fut à 1700^{km} de Poldhu et à 3000^{km} de Cap Cod, il reçut les premiers signaux de Cap Cod. Pendant trois jours, des nouvelles furent reçues aussi bien de la station européenne que de la station américaine et l'on assure que les signaux étaient parfaitement clairs et sûrs.

— Marconi a fait breveter dernièrement une disposition destinée à rendre possible la réception simultanée, au moyen d'une seule antenne, de plusieurs ondes de longueurs différentes. Dans ce but, l'antenne est pourvue de plusieurs liaisons à la terre dont chacune contient une certaine capacité et une certaine inductance.

— Le major Squier continue avec succès les expériences dans lesquelles il utilise les arbres comme antennes. Des nouvelles sont échangées par ce procédé entre San-Francisco et Benecia-Barracks, à 60^{km} de distance. Les arbres utilisés à Benecia sont petits et les appareils très simples peuvent être portés par un seul soldat. Pendant un exercice, une station fut mise complètement en état de fonctionner en 3 minutes seulement.

— On annonce de Reykiavik (Islande) qu'un représentant de la maison Siemens et Halske est venu proposer au parlement islandais l'établissement de liaisons par télégraphie sans fil entre quatre centres commerciaux importants de l'île, de même qu'entre l'Islande et le continent; l'installation se ferait moyennant un paiement unique de 750000 mark. La Société s'engage à déposer un cautionnement pour garantir le bon fonctionnement du système. Les frais d'entretien annuels sont estimés à 60000 mark. Le représentant de la Cie Marconi est arrivé également pour faire au parlement des propositions concernant le même objet.

Télégraphie sous-marine. — Les gouvernements français et anglais se sont entendus pour la pose d'un câble télégraphique entre les îles de la Réunion et Maurice.

Electrochimie. — Le United-States Geographical Survey vient de publier une Monographie de J.-H. Pratt sur la production du graphite, monographie dont nous extrayons les renseignements suivants sur le graphite artificiel préparé au four électrique. — La production du graphite artificiel a subi une progression à peu près constante depuis l'année 1897 où il a été lancé sur le marché; cette progression a été surtout sensible en 1904, diverses applications en dehors du domaine de l'électricité lui ayant été trouvées. Pendant cette année 1904, la production a atteint 1500 tonnes environ représentant 1088950^{fr}; le prix moyen a été d'environ $0^{fr},75$ le kilogramme en diminution de $0^{fr},14$ sur le prix de vente moyen en 1903. Le Tableau suivant donne, en kilogrammes, les quantités produites depuis 1897, et leurs valeurs en francs :

	Production.	Valeur.
1897.........	73560^{kg}	50745^{fr}
1898.........	84100	55015
1899.........	184060	163375
1900.........	389920	344300
1901.........	1132500	595000
1902.........	1061550	553500
1903.........	1186860	993350
1904.........	1481350	1088950

AVIS.

Tome IV. N° 42. — 30 septembre 1905.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

PROTECTION DES LIGNES AÉRIENNES A HAUTE TENSION.

DISPOSITIF L. NEU.

Un des plus graves inconvénients des lignes aériennes à haute tension réside dans l'éventualité d'une rupture pouvant amener les conducteurs à venir en contact avec les passants. De telles ruptures, peu à craindre pour les canalisations principales de gros diamètre, sont plus fréquentes pour les dérivations de moindre puissance et partant de faibles sections. On y remédie parfois au moyen de filets de protection, mais ceux-ci sont onéreux, lourds et encombrants, et leur emploi est forcément limité à une faible fraction de la ligne : croisements de routes ou de voies ferrées. Quant au système consistant à placer sur chaque poteau un dispositif automatique de mise à terre, il est, à cause du grand nombre d'appareils à installer, coûteux, d'un entretien difficile et partant inefficace, comme l'a montré un accident survenu à Wattrelos sur une ligne protégée de cette façon.

M. L. Neu, ingénieur-conseil à Lille, a étudié un dispositif dont le principe a été signalé antérieurement dans ces colonnes (t. II, p. 285), et qui, par son application, diminue dans de très grandes proportions les chances d'accidents; il consiste à munir la ligne à son origine d'un disjoncteur entrant automatiquement en action en cas de rupture d'un des conducteurs. Nous en indiquerons ci-dessous l'application au cas du courant triphasé; de légères variantes en permettent l'emploi pour le monophasé ou le continu.

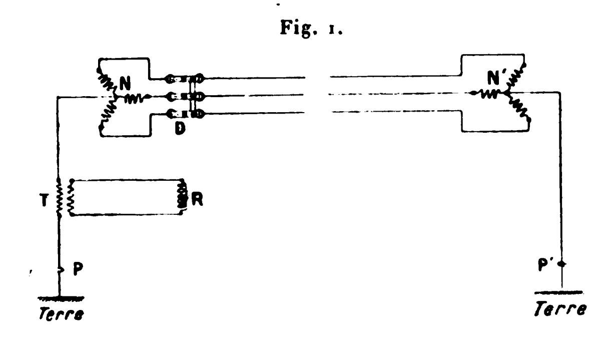
L'actionnement du disjoncteur peut être obtenu par deux procédés distincts, suivant que l'on désire avoir un seul disjoncteur à la station centrale ou un disjoncteur à l'origine de chaque branchement.

Dans le premier procédé (*fig.* 1, 2 et 3), le disjoncteur D est actionnable par un relais R alimenté par le secondaire d'un transformateur T dont le primaire est relié d'une part à un point neutre N de la distribution et d'autre part à la terre; cette dernière liaison étant faite soit directement, soit par l'intermédiaire d'un parafoudre à papier P [1]. A l'extrémité de la ligne, on relie

[1] L'interposition des parafoudres n'a d'intérêt qu'au cas où l'on craindrait que les petites différences de potentiel qui, en marche normale, existent entre les deux points neutres, ne produisent de petits courants de circulation de nature à troubler les communications téléphoniques voisines qui emprunteraient des retours par la terre.

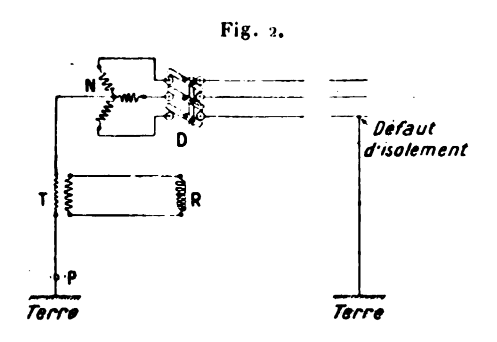
également le point neutre à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une résistance ou bobine de self-induction et d'un parafoudre à faible distance d'éclatement (*fig.* 1).

Fig. 1.



Les deux points neutres de tête et d'extrémité de ligne sont ainsi sensiblement au même po-

Fig. 2.



tentiel, tant que les trois fils sont intacts, quels que soient les débits respectifs des trois phases, car l'alternateur générateur maintient à l'origine des tensions sensiblement égales sur les trois phases, et les pertes en ligne ne sont qu'une faible fraction de la tension totale.

Si un fil casse, il se produit immédiatement, entre les deux points neutres d'origine et d'extrémité de ligne, une différence élevée de potentiel; le relais entre en action et le disjoncteur ouvre.

Des essais faits à la Compagnie des Chemins de fer du Nord sur une ligne triphasée à 2500 volts, et à l'usine de Valenciennes sur une ligne à 5000 volts, ont montré une différence de temps inappréciable entre l'instant de la rupture de la ligne et celui de l'ouverture du disjoncteur [1].

Le dispositif ci-dessus décrit, placé en tête de ligne, présente de plus l'intérêt suivant :

Au cas où l'isolement d'un des fils de ligne tomberait à une faible valeur, il se produira de même une circulation de courant entre le défaut

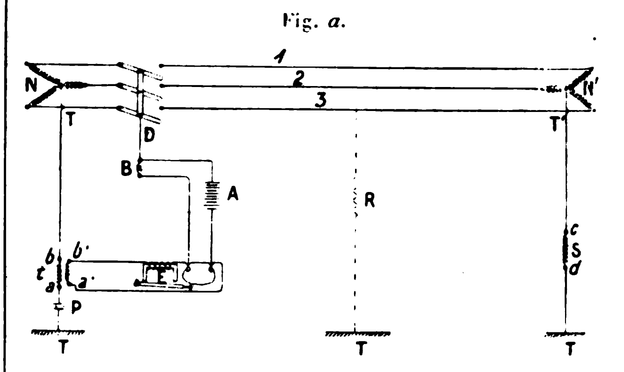
---

[1] Voici quelques renseignements relatifs aux essais sur un dispositif de protection installé à la station génératrice de la Plaine-Saint-Denis (Cie des chemins de fer du Nord).

Le courant à basse tension produit dans cette usine est transformé par le transformateur T (*fig. a*) en courant à 3300 volts d'une fréquence de 14 périodes environ par seconde.

Le transformateur T' placé à l'extrémité de la ligne (station de Saint-Denis) abaisse la tension de ce cou-

Fig. *a*.



rant à 120 volts environ. Le point neutre N du transformateur T est relié à la terre par l'intermédiaire de l'enroulement à haute tension du transformateur *t* et d'un parafoudre à papier P.

Le transformateur *t* a été calculé pour une tension de 700 volts, au primaire, et de 125 volts au secondaire.

Le point neutre N' au transformateur T' est relié à la terre par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction S dont le coefficient de self-induction est de 32,6 henrys.

La bobine B du disjoncteur tripolaire D est alimentée par 6 éléments d'une batterie d'accumulateurs A.

Dans la première des expériences qui ont été exécutées (coupure du fil n° 1), la tension aux bornes de l'électro-aimant servant de relais E était de 50 volts correspondant à une tension aux bornes *a*, *b* du transformateur *t* de $\frac{50 \times 700}{125} = 280$ volts.

L'intensité correspondante du courant passant dans la bobine de cet électro était de 0,8 ampère; l'intensité du courant dans le primaire du transformateur T était donc de $\frac{0,8 \times 125}{700} = 0,143$ ampère.

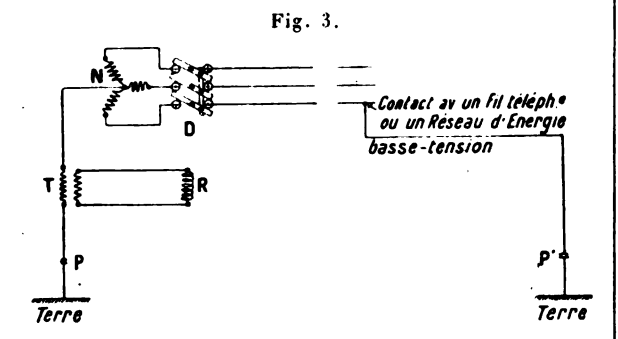
Il en résultait, aux bornes *c*, *d* de la bobine S, une tension de $32,6 \times 2 \times 14 \times 0,143$, soit 410 volts (32,6 étant le coefficient de self-induction de la bobine, et 14 la fréquence du courant).

Le décalage du courant dans le primaire du transformateur T par rapport à sa tension aux bornes étant voisin de 90°, en raison de la grande self-induction de la bobine de l'électro-aimant E par rapport à sa résistance, et la tension aux bornes de la bobine S étant aussi décalée sensiblement de 90° par rapport à l'inten-

d'isolement et le point neutre de tête de ligne, et le disjoncteur s'ouvrira (*fig.* 2).

S'il se produit un contact intempestif entre un des conducteurs à haute tension et un fil téléphonique ou télégraphique, comme de tels fils

Fig. 3.



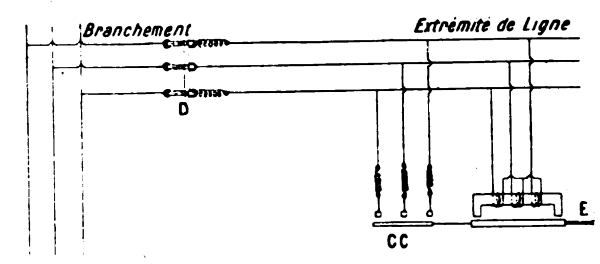
sont munis de parafoudres à faible distance d'éclatement, l'ouverture du disjoncteur se produira également instantanément, rendant ainsi le contact inoffensif.

Il en sera de même dans le cas où il se produirait un contact entre la canalisation haute tension et la canalisation secondaire basse tension, celle-ci étant également munie de parafoudres à faible distance d'éclatement (*fig.* 3).

Dans le deuxième procédé (*fig.* 4 et 5), on place en tête de chaque ligne ou branchement un disjoncteur automatique d'un des types courants de disjoncteur à maximum et on le règle à la manière usuelle, par exemple, pour ouvrir au cas où l'intensité du courant parcourant le branchement atteindrait le double de la valeur normale maximum.

A l'extrémité du branchement, on installe un appareil CC, que nous désignerons sous le nom de *court-circuiteur,* qui comporte un ressort dont la détente provoque le déplacement d'une tige qui vient établir un contact entre les extrémités de trois résistances de bobines de self-induction, dont les trois autres extrémités sont reliées respectivement aux trois fils de ligne directement ou avec interposition de transformateurs. Le ressort est maintenu bandé par un taquet. Ce taquet peut être poussé en arrière par l'armature mobile d'un électro. L'excitation de cet électro est obtenue en ajoutant les actions des ampèretours, empruntés directement ou par l'intermédiaire de transformateurs à trois enroulements branchés en dérivation sur les trois phases et connectés à volonté en triangle ou en étoile (*fig.* 4). Tant que la ligne est intacte, la somme

Fig. 4.



des ampèretours d'excitation est constamment nulle; au contraire, dès qu'un des fils casse, l'électro s'excite et son armature mobile vient dégager le taquet.

On peut également brancher cet électro directement ou par l'intermédiaire d'un transforma-

---

sité, on peut, sans erreur sensible, considérer que la tension entre les points neutres N et N' est égale à la somme algébrique des deux tensions calculées, soit environ 690 volts en ne tenant pas compte de la perte de tension relative au parafoudre P et aux deux prises de terre.

Dans la deuxième expérience (coupure des fils 1 et 2), la tension observée aux bornes de la bobine de l'électro-aimant était de 70 volts, et l'intensité du courant correspondante de 1,9 ampère; on en déduirait, par un calcul et un raisonnement analogues à celui du cas précédent, que la tension entre les deux points neutres N et N' était d'environ 1365 volts.

Dans la troisième expérience (mise à la terre par une résistance sans self-induction du conducteur n° 3) on a observé, pour une résistance de 15000 ohms, une différence de tension aux bornes de l'électro-aimant du relais de 55 volts, correspondant à une intensité de 1 ampère; avec le réglage adopté pour le relais, le déclenchement a pu se produire pour une résistance atteignant 50000 ohms environ.

Dans chacune des trois expériences effectuées, le courant passant dans le relais était largement suffisant pour obtenir la fermeture du circuit auxiliaire alimenté par la batterie d'accumulateurs sur la bobine du disjoncteur, et l'ouverture de cet appareil se produisait au bout d'un temps absolument inappréciable.

Si l'un des conducteurs était venu en contact avec un fil téléphonique ou télégraphique relié au sol par l'intermédiaire d'un parafoudre à faible distance d'éclatement, ce parafoudre aurait infailliblement cédé sous l'influence de la différence de tension élevée, produite entre ce fil téléphonique ou télégraphique et le sol.

Il en serait résulté, pour le fil correspondant de la canalisation à haute tension, une mise à la terre presque franche amenant infailliblement le déclenchement du disjoncteur.

teur entre un point neutre d'extrémité de ligne et la terre (*fig.* 5).

Fig. 5.

Dès que le court-circuiteur fonctionne, les trois fils de ligne sont reliés par les résistances ou bobines de self induction; les conducteurs restant intacts sont parcourus alors par un courant intense qui provoque le déclenchement du disjoncteur à maximum D placé en tête du branchement.

Les résistances ou bobines de self-induction sont, par exemple, calculées pour laisser passer un courant double du courant normal maximum. L'emploi de bobines de self-induction est préférable à celui de résistances non inductives, car le courant intense en question est alors du courant déwatté qui produit l'ouverture du disjoncteur sans donner d'à-coup violent sur les moteurs actionnant les alternateurs générateurs.

Ce second procédé a l'avantage qu'un accident arrivant sur un branchement met seulement ce branchement hors circuit, sans arrêter complètement toute l'exploitation.

En résumé, le dispositif proposé n'emploie que des appareils à placer seulement aux extrémités de ligne et permet d'assurer l'ouverture instantanée du disjoncteur de tête de ligne au cas où il se produit : soit une rupture de fil, soit un défaut d'isolement, soit un contact intempestif avec une ligne téléphonique ou avec un fil d'un réseau d'énergie à basse tension.

Ces dispositifs permettent donc d'augmenter dans de grandes proportions le coefficient de sécurité des canalisations haute tension, sans nécessiter une grande complication d'installation ou d'entretien

H. PAUSERT.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS [1].

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Facteurs limites de la construction des machines à courant continu, par SEBASTIAN SENSTIUS. Communication présentée à la 22e Convention annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Asheville (N. C.), le 19-23 juin 1905. D'après *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIV, n° 6, p. 407-430, juin 1905.

L'auteur présente ici une méthode de calcul des dynamos à courant continu, basée directement sur les données générales de l'expérience et sur les garanties commerciales auxquelles doit satisfaire la machine, sans recourir à l'équation qui relie les dimensions de l'armature à la puissance qu'elle doit fournir [2]. Il traite ensuite des limites de fonctionnement qui dépendent, pour les machines de grande puissance, de la qualité des balais employés.

Les questions traitées dans ce Mémoire sont classées en quatre paragraphes :

Tension de réactance. Étincelles aux balais, cra-

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. MARKS and CLERK, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

(2) C'est la formule de Kapp :

$$\text{Puissance utile en watts} = q D^2 l N,$$

q étant un facteur numérique, D le diamètre de l'induit, l sa longueur, N le nombre de tours par unité de temps.



chements, rongement du collecteur. Calcul d'un induit. Conclusions.

I. TENSION DE RÉACTANCE. — Soient :

a, le nombre de lignes de force par ampère-tour et par centimètre de conducteur dans le noyau induit;
b, le nombre correspondant pour la partie des conducteurs induits qui se trouve non dans le noyau mais dans l'air (connexions terminales des spires);
p, le nombre des paires de pôles;
p_1, le nombre des circuits en parallèle;
D, le diamètre de l'armature;
$\frac{D}{p} = P$;
$l = \lambda P$, la longueur de l'armature, supposée égale à la longueur axiale des pièces polaires;
$4P$, la longueur approximative (par spire) des connexions terminales;
t, le nombre de spires par section;
I, le courant total de la machine;
s, le nombre de spires et de lames du collecteur par pôle;
$S = 2ps$, le nombre total des lames du collecteur;
N, le nombre de tours par minute;
v, la tension de réactance;
v_s, la valeur de v pour laquelle les étincelles commencent à apparaître aux balais.

L'auteur établit l'expression suivante pour la tension de réactance v :

$$(1) \qquad v = \frac{a + \frac{b}{\lambda}}{15} \frac{p}{p_1} \frac{I}{p_1} l S N t^2 10^{-8}.$$

Cette formule est commode pour déterminer la tension de réactance d'induits déjà construits, mais elle est peu utile pour la prédétermination des machines, aussi l'auteur l'a-t-il transformée de la façon suivante. Soient :

E, la force électromotrice engendrée;
F, le flux par pôle;
B, l'induction dans l'entrefer sous la pièce polaire;
α, le rapport de l'arc embrassé par la pièce polaire à l'écartement des pôles;
$O = EI$, la puissance engendrée en watts.

La formule transformée devient

$$(2) \qquad v = \frac{1,26}{\alpha}\left(a + \frac{b}{\lambda}\right)\frac{p}{p_1}\frac{O.t}{BD}.$$

L'auteur examine le cas des machines à deux collecteurs et montre que la tension de réactance y est aussi donnée par la formule précédente, soit qu'il y ait deux enroulements, reliés chacun à un collecteur, soit qu'il n'y ait qu'un enroulement, relié aux deux collecteurs.

II. ÉTINCELLES AUX BALAIS, CRACHEMENTS, RONGEMENT DU COLLECTEUR. — *Causes probables.* — On ne sait rien de précis sur les causes de ces phénomènes, aussi l'auteur se borne-t-il à indiquer les conditions dans lesquelles ils se produisent généralement.

Les étincelles blanches et brillantes ont lieu ordinairement quand la tension de réactance est trop élevée; ce genre d'étincelles ne paraît pas endommager le collecteur.

Les crachements paraissent être l'effet combiné d'une haute tension de réactance et d'une forte réaction d'induit. Les étincelles deviennent jaunes ou verdâtres; de petites explosions (crachements) se produisent sous les balais, projetant dans l'air de petites particules de charbon; la surface du collecteur devient terne et noircit.

Le rongement du collecteur, qui recouvre de poussière de cuivre la surface de contact des balais, peut se produire aussi bien à vide qu'à pleine charge, d'où l'on conclut qu'il ne dépend pas de la réaction d'induit. L'auteur croit que ce phénomène est dû à un courant trop intense dans la section en court-circuit, pas assez intense toutefois pour produire les étincelles et les crachements. Pour éviter cet inconvénient, on s'imposera un maximum de densité de courant à la surface de contact, maximum qui dépendra de la qualité des balais employés.

Le constructeur peut éviter les divers défauts de fonctionnement du collecteur en adoptant des valeurs faibles pour la tension de réactance, la réaction d'induit, les densités de courant sous les balais et la vitesse périphérique du collecteur. L'auteur indique des données tirées de ses essais; ces données s'appliquent à des conditions moyennes de décalage des balais, de précision dans l'ajustage des pièces, etc. Nous les résumons en note ([1]).

III. PROJET D'UN INDUIT. — *Données.* — 200 kilowatts, 600 volts, 575 tours par minute.

Garanties. — Fonctionnement sans étincelles à pleine charge. Échauffement maximum de 35°C.

([1]) *Données expérimentales. — Tension de réactance.* — D'après Hobart, le nombre de lignes de force par ampère-tour et par centimètre de longueur des encoches (le rapport de la profondeur à la largeur de celles-ci ne dépassant pas 3,5) est égal à 4. Pour les connexions terminales, ce nombre est de 0,8 ligne par centimètre et par ampère-tour. On a donc

$$(3) \qquad a = 4, \qquad b = 0,8$$

d'où

$$a + \frac{b}{\lambda} = 4\left(1 + \frac{0,2}{\lambda}\right).$$

Dans les machines modernes, les valeurs de λ sont comprises entre 0,9 et 1,4, donc $1 + \frac{0,2}{\lambda}$ varie de 1,222 à 1,143, la moyenne étant 1,18. Ainsi, contrairement aux affirma-

pour toutes les parties de la machine. A 50 pour 100 de surcharge, commutation satisfaisante et échauffement maximum de 55° au-dessus de la température ambiante.

Avant-projet. — Admettons qu'on emploie des balais de la marque « Le Valley Vitæ », pour lesquels la tension de réactance maxima est de $3^{volts},4$. Pour avoir un fonctionnement presque sans étincelles avec une surcharge de 25 pour 100, la tension de réactance doit être de $\frac{3,4}{1,25} = 2^{volts},7$. Prenant $B = 9300$ lignes de force par centimètre carré (60000 lignes de force par pouce carré), $\alpha = 0,72$, $t = 1$, et un enroulement multiple, on tire de la formule (5)

$$D = 65^{cm} \qquad (25,7 \text{ pouces}).$$

tions d'Hobart, la self-induction des connexions terminales n'a pas beaucoup d'influence sur la commutation.

Substituant les valeurs (3) dans les formules (1) et (2), on obtient les formules générales

$$(4) \qquad v = 0,0263\left(1 + \frac{0,2}{\lambda}\right)\frac{p}{p_1}\,\frac{I}{100 p_1}\,\frac{l}{10}\,\frac{N}{100}\,\frac{S}{100}\,t^2,$$

$$(5) \qquad v = \frac{4,94}{\alpha}\left(1 + \frac{0,2}{\lambda}\right)\frac{p}{p_1}\,\frac{O.t}{B.D}.$$

Suivant que l'on fera $p_1 = 1$ ou $p_1 = p$, ces formules donneront les valeurs de la tension de la réactance pour les enroulements en série ou pour les enroulements en parallèle.

La tension de réactance pour laquelle les étincelles aux balais commencent à apparaître varie, suivant la nature de ces balais, de $1^{volt},6$ à $3^{volts},8$, d'après des essais faits par l'auteur sur plus de 30 machines. Ce sont les balais en graphite pur qui supportent sans étincelles la plus forte tension de réactance ($3^{volts},8$).

Ces limites s'appliquent à des génératrices dont l'angle de décalage des balais est de 10 pour 100 au maximum et à des moteurs sans décalage sensible des balais. Les limites sont les mêmes pour les petites et pour les grandes machines (de $0^{kw},3$ à 2500^{kw}).

Densité de courant sous les balais. — Pour réduire autant que possible le rongement du collecteur, il faut s'imposer un maximum de densité de courant sous les balais. Les valeurs de ce maximum varient, suivant la nature des balais, de $8^{amp},5$ à $3^{amp},4$ par centimètre carré. (Cette dernière valeur se rapporte aux balais en graphite pur).

Réaction d'induit. — On a constaté que le maximum admissible pour la réaction d'induit dépend de l'écartement des pôles, c'est-à-dire du rapport $\frac{D}{p}$. Pour

$$25^{cm} < \frac{D}{p} < 38^{cm}$$

il faut

$$(6) \qquad 5000 < \frac{I}{2p_1}\cdot\frac{S}{2p} < 6500 \text{ ampères-tours par pôle.}$$

La valeur de 38^{cm} pour $\frac{D}{p}$ doit être considérée comme un maximum.

Collecteur. — Pour éviter les vibrations des balais, il faut maintenir la vitesse périphérique du collecteur au-dessous de 18^{m} par seconde (3600 pieds par minute). La longueur des segments du collecteur ne doit pas dépasser 45^{cm} (18 pouces).

Prenons $D = 635^{mm}$ (25 pouces). A pleine charge, les connexions terminales ne doivent pas s'échauffer de plus de $\frac{55}{1,5^2} = 25°C$. Avec une vitesse tangentielle de 19^{m} par seconde (3750 pieds par minute), le nombre maximum d'ampères-tours par centimètre de la circonférence est, pour une élévation de température de 25°, de 130 environ (325 ampères-tours par pouce de circonférence). Le nombre total d'ampères-tours est alors

$$\pi \times 635 \times 130 = 25600.$$

Tant que la fréquence ne dépassera pas 25 ou 30, l'échauffement des conducteurs logés dans le noyau ne prendra pas une valeur exagérée.

Il faut maintenant décider si l'on fera l'induit pour deux, quatre ou six pôles. Avec un enroulement en parallèle pour six pôles, le courant par conducteur sera de $55^{amp},5$ et le nombre de lames du collecteur 460. Soit $4^{mm},8$ (0,19 pouce) la largeur minima admise pour les lames, le collecteur aura 71^{cm} (28 pouces) de diamètre et sa vitesse périphérique sera de 21^{m} par seconde (4200 pieds par minute), ce qui est inadmissible. Un induit bipolaire donnerait 12800 ampères-tours par pôle, ce qui est inadmissible aussi. Il faut donc faire une machine à quatre pôles. Le courant par conducteur étant de $83^{amp},5$, le nombre des lames du collecteur sera d'environ 308, ce qui donne, avec une largeur de $4^{mm},8$ pour la lame, un diamètre de 47^{cm} et une vitesse tangentielle de 14^{m} par seconde pour le collecteur, ce qui est acceptable. On a ainsi une réaction d'induit de 6400 ampères-tours par pôle, ce qui est un peu trop pour la valeur de $\frac{D}{p}$ que nous adoptons (*voir* formule 6). Ayant ici $\frac{D}{p} = 317^{mm}$, on prendra pour valeur de la réaction d'induit 5500 ampères-tours. On prendra en outre :

Trois sections par encoche, un nombre d'encoches divisible par le nombre des pôles, un nombre de lames du collecteur divisible par 5 ou 6 (pour établir les connexions entre lames de 5 en 5 ou de 6 en 6), un balai couvrant un peu moins de trois ou de deux lames, un collecteur animé d'une vitesse tangentielle maxima de 16^{m} par seconde (3200 pieds par minute) et ayant une longueur maxima de 38^{cm} (15 pouces). Ces exigences conduisent à 84 ou 88 encoches et à un balai large de 16^{mm} ou de 14^{mm} environ (0,625 ou 0,563 pouce). On choisira, par exemple :

84 encoches, 252 lames au collecteur, 16^{mm} pour la largeur des balais, 48^{cm} pour le diamètre du collecteur et 32^{cm} pour sa longueur.

Nous reproduisons le calcul final en note [1].

IV. DISCUSSION DES FORMULES. CONCLUSIONS. — *Réaction d'induit.* — Pour des vitesses tangentielles variant de $7^m,5$ à 35^m par seconde (1500 à 7000 pieds par minute), pour une profondeur de l'enroulement (ne pas confondre avec la profondeur des encoches) de 31^{mm} (1,25 pouce), et pour un échauffement des connexions terminales ne dépassant pas 25°C., le nombre d'ampères-tours par centimètre de la circonférence de l'induit varie, suivant une ligne droite, de 102 à 157. La réaction d'induit maxima qu'on peut admettre étant d'environ 6500 ampères-tours par pôle, l'écartement polaire maximum devra donc être compris entre 635^{mm} (25 pouces) pour les machines à faible vitesse et 430^{mm} (17 pouces) pour les machines à grande vitesse. Les valeurs maxima de $\frac{D}{p}$ deviennent donc pour ces deux cas :

$$430 < \frac{\pi D}{2p} < 635;$$

d'où

$$275^{mm} < \frac{D}{p} < 406^{mm},$$

pour les machines de grande puissance.

Densité en volts-ampères sous les balais. — Si l'on forme le produit $v_s d$, d étant la densité de courant maxima sous les balais, on trouve qu'il est sensiblement égal à 13,5 (densité en volts-ampères par centimètre carré) pour les diverses marques de balais de charbon.

Conclusion I. — La densité en volts-ampères sous les balais (produit de la tension d'étincelles v_s par la densité de courant maxima admissible) est la même pour tous les balais en charbon.

Tension de réactance. — On a trouvé que, pour les enroulements en parallèle, la tension de réactance est donnée par

$$v = \frac{4,94}{\alpha}\left(1 + \frac{0,2}{\lambda}\right)\frac{O \times t}{B \times D} \qquad [\textit{voir} \text{ formule } (5)].$$

On peut s'étonner que la tension de réactance soit fonction du produit $\alpha \times B \times D$. Cela signifie seulement que, plus ce produit sera grand, plus grand sera le flux, moindre le nombre des lames du collecteur, plus longue la durée de la commutation et par conséquent plus basse la tension de réactance.

Si l'on prend les conditions moyennes : $\alpha = 0,72$, $\lambda = 1,1$, la formule devient

$$v = 8,15\,\frac{O \times t}{B \times D}.$$

Conclusion II. — Pour une machine où la puissance utile, le diamètre de l'induit, l'induction dans l'entrefer et le nombre de spires par section sont donnés, la tension de réactance est entièrement indépendante de la vitesse et pratiquement indépendante de la longueur de l'induit.

Dans les grandes machines on a, en général, $t = 1$ et B (maximum) = 10000. Si donc on remplace dans la formule précédente B par sa valeur maxima 10000 et v par sa valeur maxima v_s (tension de réactance correspondant à l'apparition des étincelles,

---

[1] *Calcul final.* — Admettons 20 volts de perte ohmique dans l'induit.

Force électromotrice induite = 620 volts; nombre de sections = nombre de lames au collecteur = 252.

Spires par section = 1. Enroulement multiple.

84 encoches; largeur 10^{mm}, profondeur 37^{mm}.

6 conducteurs par encoche. Dimensions de chacun $1^{mm},9$ sur $12^{mm},7$.

Largeur des dents au sommet = $13^{mm},6$.

Largeur des dents à la base : $10^{mm},8$.

Rapport de l'arc polaire à l'écartement des pôles : 72 pour 100.

Balais par lignes de six. Dimensions de chacun : $16^{mm} \times 45^{mm}$.

Collecteur : $480^{mm} \times 320^{mm}$.

Balais de la marque Le Valley Vitæ. Ces balais permettent une densité de courant d'environ 4 ampères par centimètre carré, c'est d'après cette donnée qu'on a déterminé la surface de contact des balais.

Avec une induction maxima de 23000 lignes de force par centimètre carré à la base des dents (150000 lignes de force par pouce carré) et une valeur $\alpha = 72$ pour 100 du rapport de l'arc polaire à l'écartement des pôles, le flux par centimètre de longueur de l'induit = 380000 lignes (960000 lignes par pouce). Or, pour engendrer 620 volts, il faut $12,8 \times 10^6$ lignes de force. La longueur du fer de l'induit sera donc $\frac{12,8}{0,38} = 34^{cm}$. Admettant 10 pour 100 pour l'espace occupé par l'isolement entre les tôles, la longueur brute du noyau induit sera d'environ 37^{cm}; les conduits de ventilation porteront cette longueur à 44^{cm} et la longueur axiale de la pièce polaire sera de 40^{cm}. L'induction sous la pièce polaire devient ainsi égale à 8800. Nos données seront donc

$$\lambda = 1,2, \quad p = 2, \quad p_1 = 2, \quad I = 333 \text{ ampères},$$
$$l = 375^{mm}, \quad S = 252, \quad t = 1, \quad N = 575 \text{ tours par minute},$$
$$O = 620 \times 333 = 207 \text{ kilowatts}.$$

$D = 635^{mm}$, v_s (valeur de la tension de réactance dans la bobine en court-circuit, pour laquelle les étincelles commenceraient à apparaître) = 3,4 volts, $\alpha = 0,72$.

$$B = \frac{12,8 \times 10^6 \times 4}{\pi \times 63,5 \times 0,72 \times 38} = 94 \times 10^4,$$

$$v = 0,0263\left(1 + \frac{0,2}{1,2}\right)\frac{333}{100 \times 2} \times \frac{38}{10} \times \frac{575}{100} \times \frac{252}{100} \times 1 = 2,82$$

[*voir* formule (4)].

La charge maxima avec commutation presque sans étincelles est

$$\frac{v_s}{v} \times 100 = \frac{3,4}{2,82} \times 100 = 120 \text{ pour } 100.$$

Réaction d'induit = 5250 ampères-tours par pôle [*voir* formule (6)].

En prenant le diamètre intérieur de l'armature égal à 254^{mm}, on trouvera, en calculant les watts rayonnés par centimètre carré de la surface de l'induit, que l'échauffement est en deçà des limites spécifiées.

pour les balais employés), on obtient la valeur minima du diamètre de l'induit

$$D_{\min.} = \frac{8,15 \times O}{10000 v_s}. \tag{7}$$

Conclusion III. — Pour un fonctionnement presque sans étincelles, le diamètre minimum de l'induit est donné par la formule précédente. Ceci ne s'applique qu'aux étincelles dues à la self-induction. Pour se garantir contre les crachements et pour maintenir les dimensions de la machine dans de justes limites, on devrait, en outre, adopter

$$\frac{D}{p} \leq 38^{cm}. \tag{8}$$

Remplaçant D par sa valeur tirée de cette inégalité dans la formule (7), on aura une limite inférieure du nombre des pôles $2p$:

$$\text{Nombre des pôles} \geq \frac{16,3 \times O}{38 \times 10000 \times v_s}.$$

$\frac{D}{p}$ dépendant du degré de ventilation de l'induit, il s'ensuit que le nombre des pôles croît avec la ventilation.

Dimensions limites des machines à courant continu. — La formule (7) semble indiquer que la puissance maxima d'une machine dépend entièrement du diamètre maximum qu'on peut donner à l'induit. On va voir qu'il n'en est pas ainsi. Soient :

w la largeur des balais;

b la longueur de la surface de contact des balais suivant l'axe du collecteur;

I étant le courant total, $\frac{I}{p}$ est le courant par ligne de balais et $\frac{I}{pwb}$ la densité de courant sous les balais. Attribuant à cette densité la valeur maxima que le balai peut supporter, on a

$$v_s \frac{I}{pwb} = 13,5,$$

puisqu'on a trouvé que le produit $v_s d = 13,5$ pour tous les balais en charbon. Comme d'autre part on a

$$v_s = \frac{8,15 \times O \times t}{B \times D},$$

il vient

$$\frac{I}{p} = \sqrt{\frac{13,5}{8,15} \frac{wb}{t} \frac{B}{E} \frac{D}{p}}$$

ou

$$\frac{O}{p} \text{ maximum} = \sqrt{1,66 \frac{wb}{t} B \frac{D}{p}} \sqrt{E}.$$

Cette formule contient les facteurs limites suivants :

$v_s d = 13,5$, limitant la tension de réactance et le rongement du collecteur;

b, limitant la longueur du collecteur;

$\frac{D}{p}$ limitant la réaction d'induit et l'échauffement des connexions terminales.

Conclusion IV. — La puissance utile maxima par paire de pôles croît avec la racine carrée de la tension aux bornes, tandis que le courant par ligne de balais est inversement proportionnel à la racine carrée de la tension aux bornes.

Ceci s'accorde bien avec la remarque faite par Hobart, que la construction des machines puissantes à haute tension est moins difficile que celle des machines puissantes à basse tension.

L'auteur indique, dans un Tableau, les principales dimensions et constantes des plus grandes machines qu'on puisse construire, pour 125, 300 et 600 volts, en se conformant aux garanties ordinairement exigées et en n'employant que des balais de prix moyen. Le prix élevé des balais en graphite s'oppose à leur adoption.

Cas des turbo-dynamos à courant continu. — On rencontre ici des difficultés spéciales, qui sont, au point de vue de la commutation :

1° Tension de réactance excessive;

2° Grande vitesse tangentielle du collecteur, causant des vibrations aux balais;

3° Forte réaction d'induit.

La première et la troisième de ces difficultés peuvent être surmontées par l'artifice de la compensation. P. L.

Sur la condition d'auto-excitation des dynamos à courant continu, par JOSEPH BEAUFORT, Mémoire présenté à la séance du 26 mars de l'Association Montefiore. (*Bulletin de l'Association*, t. V, p. 198-209).

On sait qu'il existe une résistance critique du circuit d'excitation d'une machine dynamo au-dessus de laquelle l'amorcement de la machine ne se produit pas. On en a conclu qu'il fallait une intensité de courant minimum pour produire une augmentation du flux magnétique rémanent des inducteurs, et, suivant l'expression de l'auteur, on est arrivé ainsi à des « conditions d'auto-excitation fantaisistes ».

Il semble bien, en effet, qu'un courant d'excitation, si faible qu'il soit, a pour effet d'augmenter le magnétisme rémanent. Comme cette augmentation produit à son tour une augmentation de la force électromotrice induite et par suite une augmentation de courant inducteur, la machine devrait *toujours* s'amorcer. L'auteur montre qu'il en est bien ainsi, mais que la force électromotrice finalement

atteinte dépend de la résistance du circuit d'excitation et que, dès lors, il faut, comme la pratique l'enseigne, que cette résistance soit au-dessous d'une certaine limite pour obtenir la force électromotrice normale de la machine.

Pour cette démonstration l'auteur considère tout d'abord les courbes de magnétisme d'un tore fermé, puis celle d'un tore coupé de manière à présenter un faible entrefer et enfin, assimilant le circuit magnétique d'une dynamo à un tore coupé, il recherche la condition d'auto-excitation au sens pratique de ce mot. En dernier lieu il cite les résultats d'un essai fait en vue de vérifier cette nouvelle interprétation de la condition d'excitation. Ces divers points du Mémoire sont résumés ci-dessous :

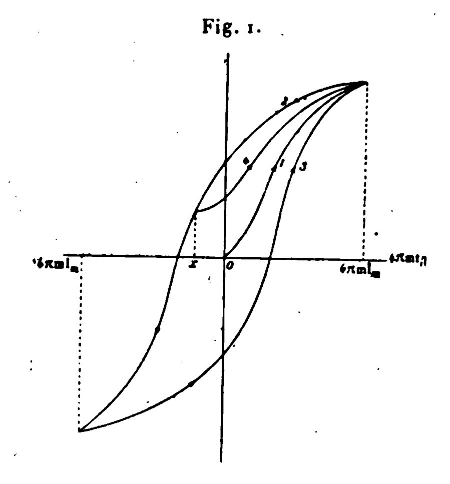
I. Un tore en fer, de section circulaire sur une portion duquel sont enroulées m spires parcourues par un courant d'intensité i, prend une intensité d'aimantation $\mathfrak{I}$ qui est une fonction de la force magnétomotrice $4\pi mi$. Cette fonction est d'ailleurs différente suivant l'état magnétique initial du tore et est représentée graphiquement par les courbes bien connues reproduites en figure 1 : la courbe 1 se rapportant au cas où le tore est vierge de toute aimantation avant le passage du courant; les courbes 2 et 3 à une variation cyclique du courant entre i, $-i$ et i; enfin la courbe 4 au cas où, après avoir fait décroître le courant depuis sa valeur maximum jusqu'à $-ox/4\pi m$, on le fait croître depuis cette dernière valeur jusqu'au maximum.

II. Si le tore présente un entrefer, il se développe des pôles magnétiques sur les faces limitant l'entrefer et il en résulte un champ démagnétisant; à ce champ correspond une force démagnétomotrice dont il est facile de trouver l'expression dans le cas particulier où l'entrefer est très petit. En effet, on sait que, suivant une courbe fermée coupant toutes les spires d'un solénoïde, la somme des chutes de potentiel magnétique est égale à la force magnétomotrice, c'est-à-dire

$$\int \mathcal{H}\, dl \cos\alpha = 4\pi mi,$$

$\mathcal{H}$ étant le champ magnétique en un point quelconque de

Fig. 1.



la courbe, dl un élément de cette courbe, α l'angle de $\mathcal{H}$ et de dl. Dans le cas où le solénoïde n'est pas traversé par un courant, le second membre de l'égalité est nul; quant au premier il se compose de deux termes se rapportant l'un à la partie de la courbe située dans le fer du tore, l'autre à celle située dans l'entrefer. Donc, en désignant par L et l les longueurs de ces deux portions, on aura

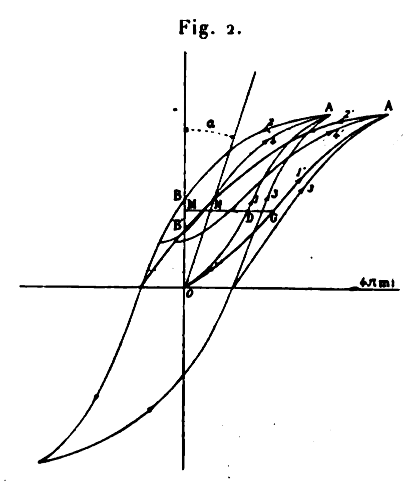
$$\int_0^l \mathcal{H}\, dl \cos\alpha = -\int_0^L \mathcal{H}'\, dl' \cos\alpha',$$

les lettres munies d'un indice se rapportant au métal. Or, la longueur l de l'entrefer étant petite, on a $\mathcal{H} = 4\pi\mathfrak{I}$, $\cos\alpha = 1$; par suite

$$4\pi\mathfrak{I}\, l = -\int_0^L \mathcal{H}'\, dl' \cos\alpha'.$$

Le second membre représente la force démagnétomotrice produite dans le fer par les pôles libres; on voit qu'elle est proportionnelle à $\mathfrak{I}$.

Fig. 2.



Il résulte de là que, pour produire dans un tore avec entrefer la même aimantation que dans un tore sans entrefer, il faudra augmenter la force magnétomotrice due au solénoïde de la quantité $4\pi\mathfrak{I}l$; par suite les courbes représentant $\mathfrak{I}$ en fonction de $4\pi mi$ pourront se déduire de celles de la figure 1 en ajoutant $4\pi\mathfrak{I}l$ aux abscisses. C'est ce qu'on a fait sur la figure 2 en traçant une droite faisant avec l'axe vertical un angle α tel que $\tan\alpha = 4\pi l$ et en ajoutant à l'abscisse de chaque point des courbes l'abscisse du point de cette droite ayant même ordonnée : ainsi à l'abscisse MD du point D de la courbe 1 on a ajouté MN et l'on a obtenu le point G de la nouvelle courbe 1'. On voit que les nouvelles courbes ont même allure que celles se rapportant à un tore fermé et qu'en particulier il subsistera une certaine aimantation quand on coupera le circuit d'excitation et que cette aimantation augmentera lorsqu'on rétablira le courant d'excitation.

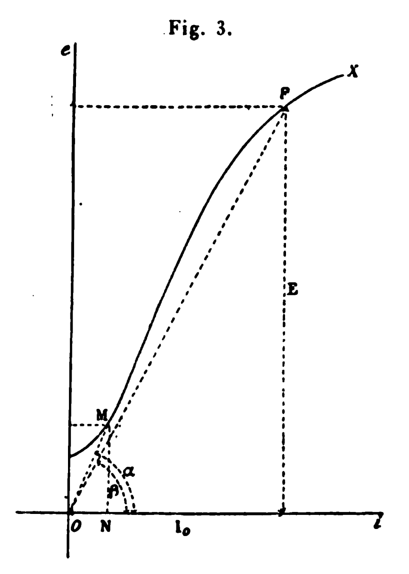
III. Le circuit magnétique d'une dynamo étant assimilable à un tore non fermé, il résulte de la dernière remarque qu'une dynamo doit *toujours* s'amorcer. En effet, le flux magnétique rémanent donnera lieu, dans l'armature en mouvement, à un faible courant et celui-ci passant, en tout ou partie, dans le circuit d'excitation augmentera l'intensité d'aimantation; il en résultera une augmentation de la force électromotrice induite, puis du courant d'excitation, et ainsi de suite. Mais, s'il y a amorcement au sens théorique, il n'en résulte pas que la tension aux bornes de la dynamo doive nécessairement arriver à sa valeur normale; en d'autres termes il n'en résulte pas que l'amorcement doive se produire au sens pratique du mot.

Cherchons donc la valeur ε de la force électromotrice développée quand le régime permanent est atteint. Pendant le régime variable qui précède ce dernier la force électromotrice à l'instant t a pour valeur

$$e = \mathrm{R}i + \mathrm{L}\frac{di}{dt},$$

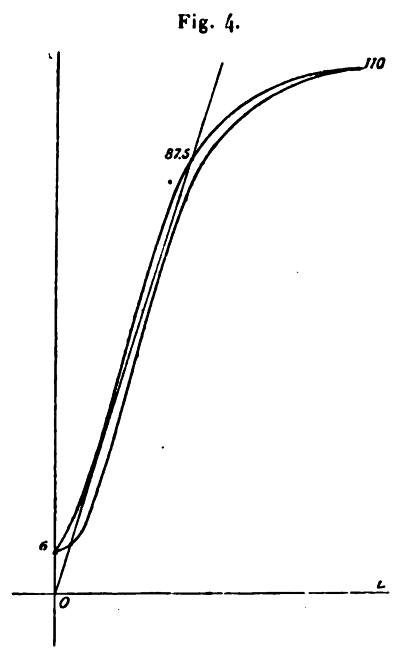
R et L désignant la résistance et l'inductance du circuit. Les courbes considérées précédemment, qui nous donnent $\mathcal{J}$ en

Fig. 3.



fonction de i, nous fournissent également e à un facteur près, puisque e est proportionnel au flux $\mathcal{JG}$ et celui-ci proportionnel à $\mathcal{J}$. D'autre part, quand le régime permanent est atteint, $\frac{di}{dt} = 0$ et par suite $\varepsilon = \mathrm{RI}$, en appelant I le courant dans ce régime. Donc, pour avoir graphiquement ε, il suffira de tracer, d'après les courbes de la figure 2, la courbe représentant $e = \psi(i)$, puis de mener une droite faisant avec l'axe des abscisses un angle α tel que $\tan\alpha = \mathrm{R}$. On obtient ainsi le point M (*fig.* 3) et l'on a $\varepsilon = \mathrm{MN}$ et $\mathrm{I} = \mathrm{ON}$.

Fig. 4.



Par conséquent, si l'on veut avoir en régime permanent la force électromotrice E au minimum, il faudra que $\alpha \leq \beta$, c'est-à-dire

$$\mathrm{R} \leq \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{I_0}} = \frac{n\mathrm{N}\mathcal{JG}}{\mathrm{I_0}} = \frac{n\mathrm{N}f(\mathrm{I_0})}{\mathrm{I_0}},$$

n désignant le nombre de spires en série sur l'armature, N le nombre de tours par seconde et $f(\mathrm{I_0})$ la fonction donnant le flux en fonction du courant d'excitation. Cette dernière fonction se déduisant, comme il a été déjà fait remarquer, des courbes d'aimantation, il est donc possible de déterminer la résistance R maximum.

IV. L'auteur a fait un essai à l'Institut Montefiore. Les courbes représentant la fonction $e = \psi(i)$ quand on fait varier i de I_m à 0, puis de 0 à I_m, sont indiquées sur la figure 4. En agissant sur le rhéostat d'excitation on donnait à la tension aux bornes une valeur de 87,5 volts, puis on supprimait l'excitation et on la rétablissait dans les conditions primitives : la tension aux bornes était alors, non pas de 87,5 volts, mais peu différente de 6 volts, valeur correspondant à l'origine de la courbe.

Machines génératrices et moteurs à courants alternatifs avec collecteur Gramme, par MARIUS LATOUR. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis en 1904 (*Transactions of the Congress*, t. III, p. 149-155).

La description de machines à courants alternatifs comprenant un collecteur Gramme est relativement ancienne : on la retrouve dans des publications de MM. Elihu Thomson, Wightman et Wilson; mais ce n'est que dans ces dernières années qu'on a envisagé sérieusement l'application de dynamos de ce genre. L'auteur s'en est occupé spécialement, et est arrivé à créer une série de machines génératrices ou réceptrices remplissant les conditions suivantes : alternateurs se couplant parfaitement en parallèle; générateurs alternatifs ayant une tension constante, moteurs ayant un bon rendement à toute vitesse et démarrant sous charge en monophasé, moteurs asynchrones fonctionnant avec un facteur de puissance égal à l'unité.

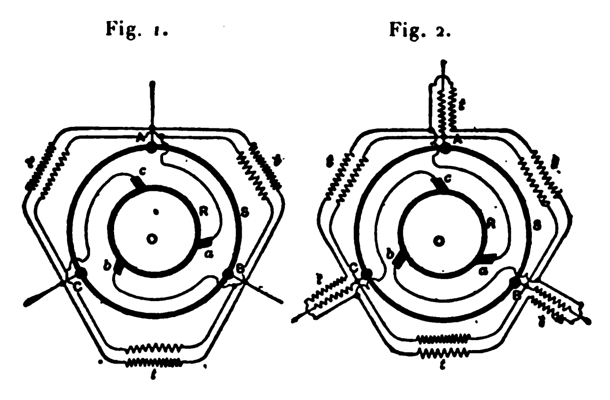
Toutes ces machines alternatives ont l'aspect commun d'un stator avec enroulement distribué uniformément dans des encoches et d'un induit analogue à celui d'une dynamo à courant continu avec collecteur Gramme.

L'auteur les classe en six genres sur chacun desquels il donne les renseignements suivants :

1° *Génératrices auto-excitatrices polyphasées panchrones.* — La figure 1 représente la forme shunt et la figure 2 la forme compound de ces machines, qui peuvent être reliées à un réseau sans aucune opération synchronisante comme des génératrices à courant continu. S est le stator; R le rotor avec collecteur à lames sur lequel s'appuient trois balais a, b, c; t le transformateur alimentant le rotor. La machine com-

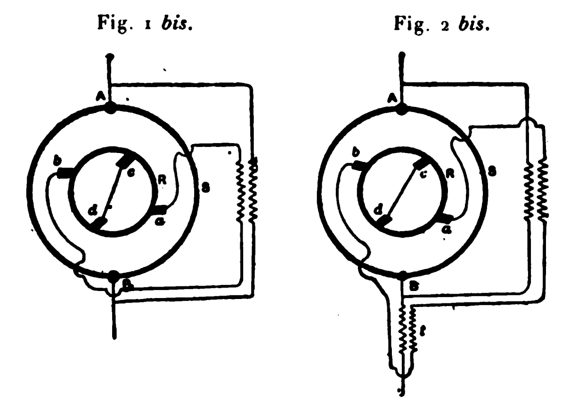
pound, si elle est bien réglée, donne une tension constante quelle que soit la charge, inductive ou non, sur chacune des phases.

Fig. 1. Fig. 2.



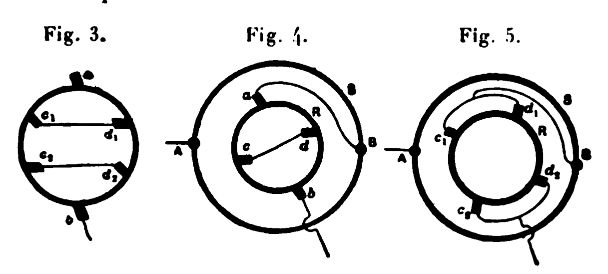
2° *Génératrices auto-excitatrices monophasées panchrones.* — La figure 1 *bis* représente la forme shunt et la figure 2 *bis* une forme compound; ces machines sont auto-excitatrices, grâce à une série de deux balais en court-circuit *c* et *d*;

Fig. 1 *bis*. Fig. 2 *bis*.



au point de vue de la commutation plusieurs séries de balais en court-circuit, comme en figure 3, sont préférables à une seule série. Ces génératrices ont, sur les alternateurs monophasés ordinaires, l'avantage d'un couplage en parallèle plus facile, d'un compoundage parfait et l'absence de tout harmonique affaiblissant le rendement.

Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.



3° *Moteur polyphasé à vitesse variable ayant un facteur de puissance égal à l'unité.* — Cette machine est réalisée en supposant sur la figure 1 (qui représente le générateur shunt panchrone) le coefficient de transformation du transformateur *t* variable, ce qui permet de faire varier ainsi la vitesse.

Plus la puissance en jeu dans le transformateur est grande, plus le glissement du moteur est grand. Ce moteur peut fonctionner à vitesse normale avec un coefficient de puissance égal à 1.

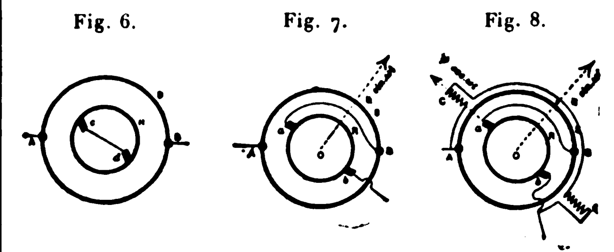
4° *Moteur monophasé série compensé.* — Les figures 4 et 5 représentent deux formes de ce moteur qui a un facteur de puissance égal à l'unité à vitesse normale et peut débiter au besoin du courant déwatté dans le réseau; il a un bon rendement à toutes les vitesses.

5° *Moteur à répulsion avec stator à enroulement distribué uniformément.* — Ce moteur, représenté en figure 6, a les caractères généraux du moteur série compensé, mais son facteur de puissance est plus bas et les fuites y sont plus élevées.

Toutes les machines précitées ont la propriété commune de donner, si elles sont convenablement établies, une commutation parfaite dans le voisinage du synchronisme par suite de l'existence ou la formation d'un champ tournant parfait. Cette considération a conduit l'auteur à une disposition décrite il y a quelques années et destinée à éviter les étincelles au commutateur dans un moteur série ordinaire monophasé; M. Milch, travaillant la question de son côté, est arrivé au même résultat, soit :

6° *Moteur série monophasé à commutation parfaite.* — Dans un moteur dont le stator a un enroulement distribué uniformément et travaillant en continu la meilleure commutation est obtenue quand la ligne des balais *ab* (*fig.* 7) est

Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.



perpendiculaire au flux résultant $\Phi \sin \omega t$ et il en est de même si le moteur travaille en monophasé. Dans ce cas le facteur de puissance peut être assez élevé, si l'induction est assez basse. On peut changer le sens de rotation d'un tel moteur sans toucher aux balais en changeant simplement la position des attaches d'arrivée du courant AB sur la périphérie du stator, comme l'auteur l'a proposé, il y a 2 ans, alors qu'on employait encore des projections polaires.

Mais un tel moteur est inférieur, pour les grosses puissances, au moteur à répulsion et au moteur compensé, parce qu'il ne comporte pas de vitesse donnant une commutation parfaite, à cause de la force électromotrice induite dans les sections en court-circuit par la variation du champ du moteur.

L'auteur propose de remédier à ce défaut à l'aide d'un champ auxiliaire, constitué par quelques spires seulement, $\Psi' \cos \omega t$, et situé dans le plan des balais, et qui induira dans les sections en court-circuit par voie *dynamique* (mouvement de ces sections sous le champ auxiliaire $\Psi' \cos \omega t$) une force électromotrice pouvant contre-balancer la force électromotrice induite dans ces mêmes sections par voie *statique* par le champ principal $\Phi \cos \omega t$.

En résumé, il existe actuellement quatre types de moteurs possibles pour la traction monophasée : le moteur à répulsion, le moteur série ordinaire, le moteur compensé et le moteur avec champ auxiliaire. L'avenir décidera quel est le meilleur. CH. J.

Les accumulateurs dans les usines de traction, par JUSTUS-B. ENTZ. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis en 1904. — **Discussion** par SPRAGUE et EDSTRÖM (*Transactions of the Congress*, t. III, p. 31-44). — L'auteur rappelle que les accumulateurs,

employés en batteries-tampons dans les stations génératrices ou sous-stations de traction permettent souvent d'économiser l'achat d'unités supplémentaires; ils augmentent le facteur de charge de l'usine et par suite diminuent le prix de l'énergie produite; enfin ils donnent plus de sécurité ou de commodités à l'installation, en cas d'avaries ou de réparations aux génératrices ou si l'on veut arrêter les génératrices la nuit; les avantages compensent souvent, surtout dans le cas de charges très variables, les frais d'achat et d'entretien des batteries.

Une batterie d'accumulateurs placée à une certaine distance de l'usine permet dans certains cas de réduire la dépense de cuivre des feeders et de diminuer notablement la perte de tension.

L'auteur donne ensuite la description des méthodes bien connues de réglage de la batterie par survolteurs.

Pour le service de la traction, les plaques positives Planté sont préférables à celles à oxyde rapporté, tandis que ce dernier type est celui qui convient pour les négatives.

Dans la discussion qui a suivi la Communication, M. SPRAGUE estime qu'il n'y a pas de différence sensible (en Amérique) entre les prix d'installation et de revient d'usine employant ou non des accumulateurs, les dépenses afférentes aux batteries compensant l'économie possible de matériel générateur. Mais les accumulateurs peuvent être usités dans le cas de charges très variables, de manière à moins fatiguer le matériel.

M. EDSTRÖM explique l'emploi étendu des batteries-tampons en Europe par le fait que les installations de traction sont assez petites et soumises à de grandes fluctuations, qui se font beaucoup moins sentir dans les usines américaines presque toujours très grandes, et où par conséquent les accumulateurs sont moins utiles.

M. SPRAGUE fait remarquer qu'en Amérique il n'existe pas la même compétition de fabricants d'accumulateurs qu'en Europe où par conséquent les prix sont plus bas.

CH. J.

Sur l'utilisation d'une batterie tampon avec survolteur automatique, par F. SARRAT (Bulletin de l'Association de l'*Institut Montefiore*, 3e série, t. V, p. 232-238). — Dans cette Note l'auteur répond à quelques critiques formulées par M. de Waal sur son étude publiée l'an dernier dans cette Revue (t. I, p. 65 et 97, 15 et 29 février 1904) et complétée dans une Note récente reproduite aussi dans cette Revue (t. III, p. 87, 15 août 1905).

M. de Waal a tout d'abord objecté qu'il n'existe pour une batterie que deux caractéristiques : celle qui donne la différence de potentiel disponible en fonction de la durée de la décharge opérée à intensité constante, et celle qui représente la même quantité en fonction du courant pour des durées de décharge données. M. Sarrat répond que ceci est parfaitement exact pour une batterie qui se décharge d'une façon continue, mais non pour une batterie-tampon. Cette dernière, en effet, si elle appartient à une installation bien réglée, reste toujours au voisinage d'un certain état de charge; sa résistance intérieure ne peut donc pas subir dans ces conditions de sensibles variations et il existe, en conséquence, une valeur de cette résistance que l'on peut bien prendre pour base dans le réglage qui doit pratiquement annuler ce que M. Sarrat a appelé *coefficient d'irrégularité*. Il est d'ailleurs évident que cette résistance intérieure peut varier dans des limites assez étendues quand le réglage du survolteur n'a pas été bien fait ou quand la charge des dynamos n'a pas été judicieusement adaptée à la consommation du réseau. C'est précisément pour reconnaître dans quelle mesure cette variation de résistance peut influer sur la répartition du courant total entre les deux sources, en tenant compte de la répercussion qu'elle peut avoir sur l'excitation shunt du survolteur, que M. Sarrat a recherché et fait apparaître l'expression générale du coefficient d'irrégularité.

Dans le reste de la Note, l'auteur répond à d'autres objections moins importantes.

Dispositifs de la Société alsacienne de Constructions mécaniques pour le réglage du débit des dynamos par batteries-tampons (*L'Electricien*, t. XXX, p. 113-117, 19 août). — Après avoir rappelé le principe bien connu du réglage du débit au moyen d'un survolteur-dévolteur en série avec la batterie, l'article décrit la manière dont ce principe a été appliqué par la Société alsacienne de Constructions mécaniques dans le cas où les sources de courant sont des dynamos en dérivation et le cas où ces sources sont des dynamos compounds ou des commutatrices. — Dans le premier cas le champ d'excitation du survolteur-dévolteur est produit par deux enroulements : l'un en dérivation sur la batterie et donnant naissance à une force électromotrice de sens contraire à celle de cette batterie; l'autre traversé par la totalité ou une fraction du courant débité par l'usine (c'est-à-dire par les dynamos et la batterie) et donnant lieu à une force électromotrice s'ajoutant à celle de la batterie. — Dans le second cas, la tension des sources de courant est sensiblement constante à toute charge et il est nécessaire, pour réaliser la condition de débit constant des dynamos quel que soit le débit du réseau, de munir les inducteurs du survolteur-dévolteur d'un troisième enroulement traversé par la totalité ou une fraction du courant des dynamos; cet enroulement série agit dans le même sens que l'enroulement traversé par le courant débité par l'usine; il limite donc les variations de débit des dynamos, puisque toute augmentation de ce débit tend à augmenter celui de la batterie.

Procédé pour augmenter l'activité des oxydes métalliques mauvais conducteurs dans les accumulateurs à électrolyte invariable, par KÖLNER ACCUMULATORENWERKE GOTTFRIED HAGEN (Brevet allemand 161802 du 13 novembre 1903). — L'addition de graphite en écailles ainsi que la compression ne suffisent pas, car il n'y a toujours que les parties d'oxyde directement en contact avec le graphite qui travaillent. On obtient une plus grande activité en mélangeant intimement l'oxyde à du graphite chimiquement pur en poudre extrêmement fine, puis en additionnant la masse ainsi obtenue de graphite en écailles. Comme proportions les plus convenables, le brevet indique : 32 parties en poids d'hydrate d'oxyde de nickel, 4 parties de graphite pulvérisé et 14 parties de graphite cristallin en paillettes.

Usine hydraulique du Bournillon (Isère) (*Industrie électrique*, t. XIV, 10 juillet, p. 294-300). Cette usine a été créée en vue d'une transmission d'énergie, sous 35000 volts à Vienne, à une distance d'environ 90 km. Le matériel électrique, fourni par la maison Schneider et Cie, comprend actuellement : 3 alternateurs triphasés de 1000 kilovolts-ampères, pour un facteur de puissance égal à 0,8; 6 transformateurs à courant alternatif simple de 580 kilovolts-ampères élevant de 3800 à 35000 volts la tension du courant produit par les alternateurs; 1 génératrice à courant continu donnant 430 ampères sous 70 volts, courant servant normalement à l'éclairage de l'usine mais pouvant au besoin servir à l'excitation des alternateurs; 1 tableau de distribution à huit panneaux dont six sont utilisés pour les alternateurs et deux pour le départ des lignes et la commande de divers appareils accessoires; 1 double jeu de parafoudres disposés dans deux chambres spéciales au-dessus du tableau; le premier jeu est constitué par trois parafoudres à cornes ne devant entrer en action qu'en cas de surtensions très élevées; le second jeu connecté à la ligne entre les transformateurs et les parafoudres à cornes est formé par trois parafoudres à champignons du type décrit l'an dernier dans cette *Revue* (t. II, 15 oct. 1904, p. 194).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Sur la construction des diagrammes des lignes aériennes à courants alternatifs, par A. CLAVELEIRA, ingénieur à la Société parisienne électrique, à Jeumont (Nord) (*Publications de la Société des ingénieurs du Hainaut*, t. XIV, p. 1, 1905).

Le but de ce Mémoire est l'exposé de deux constructions graphiques permettant de déterminer, l'une la puissance que peut alimenter une ligne donnée, l'autre les dimensions qu'il convient de donner aux fils d'une ligne non construite pour alimenter une puissance donnée, la différence de potentiel aux bornes du générateur étant, dans les deux cas, supposée connue.

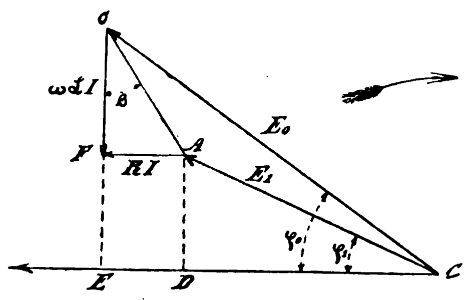
Ce sont là deux problèmes que l'on a constamment à résoudre dans les installations à courants alternatifs. Avant de reproduire la partie du Mémoire qui s'y rapporte, résumons les considérations qui la précèdent.

I. Soient : E_1 la tension aux bornes du récepteur; φ_1 son déphasage par rapport au courant I; R la résistance ohmique de la ligne; ωL sa réactance; η le rapport de la puissance p perdue en ligne à la puissance P transmise au récepteur.

Proposons-nous de trouver la tension E_0 aux bornes de la génératrice et son déphasage φ_0.

Le diagramme connu représenté par la figure 1

Fig. 1.



permet de résoudre la question. Traçons une ligne CA faisant un angle φ_1 avec une direction arbitraire CE représentant la direction du vecteur I, et portons sur cette ligne une longueur CA proportionnelle à E_1; puis, par le point A, menons une parallèle à CE ayant une longueur AF égale à RI; enfin, en F, élevons sur AF une perpendiculaire FO égale à ωLI; nous aurons, en O, l'extrémité du vecteur E_0 et l'angle ECO nous donne φ_0.

La connaissance du rapport η permet de simplifier la construction. En effet, on a

$$\frac{\mathrm{ED}}{\mathrm{DC}} = \frac{\mathrm{RI}}{E_1 \cos\varphi_1} = \frac{\mathrm{RI}^2}{E_1 \mathrm{I} \cos\varphi} = \frac{p}{\mathrm{P}} = \eta.$$

De sorte que, pour avoir le point F, il suffit de porter, suivant AF, une longueur égale à ηDC.

On peut également simplifier la détermination du point O en calculant l'angle β par la relation

$$\tang\beta = \frac{\mathrm{AF}}{\mathrm{FO}} = \frac{\mathrm{R}}{\omega \mathrm{L}}.$$

Or R peut être facilement calculé en fonction de la puissance du récepteur par des formules connues :

$$\mathrm{R} = \frac{\eta E_1^2 \cos^2\varphi_1}{2\mathrm{P}}$$

pour les distributions monophasées à deux fils,

$$\mathrm{R} = \frac{4\eta E_1^2 \cos^2\varphi_1}{3{,}41\,\mathrm{P}}$$

pour les distributions biphasées à trois fils,

$$\mathrm{R} = \frac{\eta E_1^2 \cos^2\varphi_1}{\mathrm{P}}$$

pour les distributions triphasées à trois fils,

où R désigne la résistance d'un fil.

Connaissant R, on en déduit facilement le diamètre des fils. D'autre part, la distance entre fils est fixée par la valeur de E_1. Ayant ainsi trouvé le diamètre et la distance, on trouve ωL par les tableaux contenus dans les formulaires d'électricité.

On voit donc que, pour trouver E_0 et φ_0, il suffit de se donner P, E_1, $\cos\varphi_1$ (connu par les caractéristiques du récepteur) et η.

Voici maintenant comment l'auteur expose les deux problèmes dont la solution constitue la partie originale de son Mémoire.

II. Nous nous proposons, connaissant la force électromotrice E_0 à l'origine de la ligne (force électromotrice que nous supposons invariable, quelles que soient la nature et les grandeurs des variations de charge au récepteur), de déterminer :

1° La puissance pouvant être transmise en fonction du $\cos\varphi_1$ du récepteur et en supposant que la ligne existe (par conséquent, en admettant que nous connaissons les valeurs totales de la résistance et de la réactance de la ligne).

2° Les dimensions des fils de ligne en fonction du $\cos\varphi_1$ du récepteur, en supposant que la puissance effective transmise, située à une distance connue l du générateur, soit égale à une valeur imposée P.

Dans les deux cas, nous nous imposons d'ailleurs la valeur du rapport η précédemment défini et, bien entendu, nous supposons que les récepteurs ne sont pas encore construits, mais qu'ils le seront d'après les résultats donnés par l'étude.

PREMIER CAS. — *La ligne existe, quelle puissance pouvons-nous transmettre?*

Sur une droite indéfinie Ox (*fig.* 2) portons une longueur OC égale à E_0, force électromotrice de la station génératrice, que nous supposons invariable par hypothèse. Sur cette même droite et à partir de C, portons une longueur CB telle que

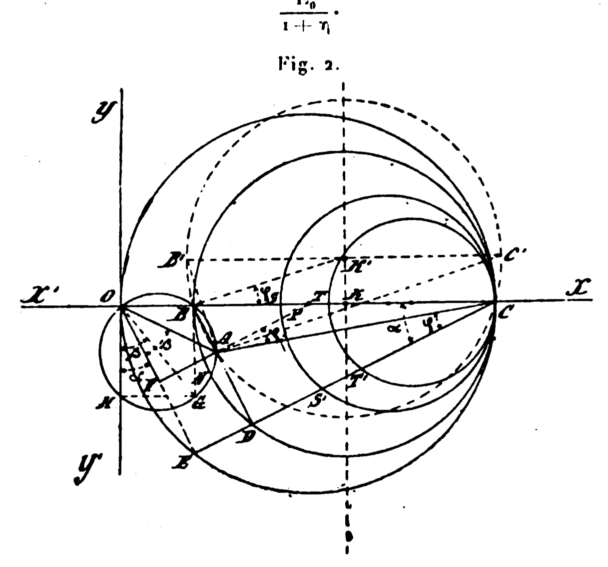
$$\frac{\mathrm{OB}}{\mathrm{BC}} = \eta.$$

6...

Cette valeur CB sera évidemment donnée par l'expression

$$\frac{E_0}{1+\eta}.$$

Fig. 2.



Puis, sur chacune des longueurs CB et CO comme diamètres, décrivons des circonférences CDB et CEO.

Supposons que nous menions du point C une droite quelconque figurant la direction du courant débité et coupant en E et en D les circonférences que nous venons de tracer, joignons les points D et B d'une part et E et O d'autre part et choisissons sur la droite OE un point F tel que nous ayons entre les longueurs OF et FA (FA étant égale et parallèle à ED) la relation

$$\frac{AF}{OF} = \operatorname{tang}\beta,$$

tang β étant, par hypothèse, supposée constante.

Comme d'ailleurs nous aurons toujours

$$\frac{DE}{CD} = \eta,$$

la droite CA représentera la force électromotrice appliquée au récepteur correspondant à un facteur de puissance égale à cos ACD.

Cherchons le lieu des points tels que A, extrémités des vecteurs figurant les forces électromotrices appliquées au récepteur.

En désignant par α l'angle formé par la direction du courant CD et par la force électromotrice au générateur, nous avons évidemment

$$ED = RI = OB\cos\alpha;$$

d'où

$$I = \frac{\eta E_0}{(1+\eta)R}\cos\alpha. \tag{4}$$

I sera donc proportionnel à cos α. Or comme la droite

$$OA = I\sqrt{R^2+\omega^2L^2}$$

est proportionnelle à I, elle sera elle-même proportionnelle à cos α. Le point A se déplacera donc sur une circonférence de diamètre égal à

$$OG = \frac{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}{R}\,\frac{\eta E_0}{1+\eta}, \tag{5}$$

faisant avec la direction Oy un angle égal à l'angle constant β (puisque nous avons angle AOG = α).

D'ailleurs, la perpendiculaire abaissée du point B sur OG limite sur la direction OG, faisant avec Oy' un angle β, une longueur égale précisément à la valeur (5) de OG. En effet, nous avons

$$\overline{OG}^2 = \overline{OB}^2 + \overline{BG}^2 = \overline{OB}^2 + \overline{OB}^2\,\frac{1}{\operatorname{tang}^2\beta},$$

$$\overline{OG}^2 = \frac{\eta^2 E_0^2}{(1+\eta)^2}\left(1+\frac{\omega^2L^2}{R^2}\right)$$

et

$$OG = \frac{\eta E_0}{1+\eta}\,\frac{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}{R} \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Le lieu des points A sera donc la circonférence OBGH.

Traçons une circonférence passant par les trois points B, C et A; soit B'K'C' le diamètre de cette circonférence, parallèle à BC. Du point A élevons une perpendiculaire AP sur BD, nous avons évidemment

angles BAB' + CAC' = KBK'.

De plus nous avons également

angles BAB' = PAC' = CAC',

c'est-à-dire que

angles PAC = KBK' = φ,

cos φ étant le facteur de puissance du récepteur.

Enfin, remarquons que l'on a comme expression de la puissance absorbée par le récepteur

$$P = I\times CD = I\,\frac{E_0}{1+\eta}\cos\alpha$$

ou, en remplaçant I par sa valeur (4),

$$P = \frac{\eta\times E_0^2}{R(1+\eta)^2}\cos^2\alpha, \tag{6}$$

ou encore

$$\sqrt{P} = \sqrt{\frac{\eta}{R}}\,\frac{E_0}{1+\eta}\cos\alpha,$$

$$\sqrt{P} = \text{const.}\cos\alpha.$$

Par conséquent, si sur xx', et à partir du point C, nous portons à une certaine échelle une longueur CS égale à $\frac{E_0}{1+\eta}\sqrt{\frac{\eta}{R}}$ et si, sur cette longueur comme diamètre, nous décrivons une circonférence, celle-ci interceptera, sur la direction du courant CD, une longueur CS' égale, à l'échelle choisie, à la racine carrée de la puissance cherchée.

Une seconde circonférence, tracée sur $CT = \frac{\eta E_0}{R(1+\eta)}$ comme diamètre, interceptera des longueurs telles que CT', figurant en grandeur et en direction les courants débités [1].

Tracé du diagramme. — En résumé, si l'on se fixe une valeur de cos φ facteur de puissance du récepteur, voici dans quel ordre il conviendra de construire le diagramme.

On tracera d'abord les circonférences CDB et CEO, puis la circonférence lieu des points A.

Ensuite on mènera du point B une droite faisant, avec BC, l'angle φ donné, et du point K', où cette droite coupera la perpendiculaire élevée au milieu de BC, on tracera une circonférence avec K'B comme rayon.

(1) Cette méthode peut également s'appliquer à l'étude du fonctionnement des transformateurs statiques.

On joindra le point A, où cette dernière circonférence coupe la circonférence lieu des extrémités des forces électromotrices appliquées au récepteur, au point B. On prolongera la droite ainsi obtenue jusqu'au point D, où elle coupe la circonférence tracée sur BC comme diamètre.

Enfin, sur CS et CT comme diamètres, on tracera deux circonférences (ou même, afin de ne pas compliquer la figure, il sera inutile de tracer ces circonférences et l'on pourra se baser, en appropriant les échelles, sur l'une des deux circonférences tracées sur CO ou sur CB).

On obtiendra ainsi :

En CA la force électromotrice appliquée au récepteur;

En CD la direction du courant;

En ED la chute ohmique dans le ou les fils de ligne;

En OF la chute réactive;

En CS′ la racine carrée de la puissance effective pouvant être transmise;

En CT′ la valeur du courant.

Remarques. — Le point N, où la circonférence lieu du point A coupe la circonférence tracée sur BC comme diamètre, correspond aux récepteurs à décalage nul.

Toutes les circonférences telles que B′AC′, dont les centres sont situés au-dessus de OC, correspondent aux récepteurs à décalage positif (appareils inductifs). Celles dont les centres se trouvent en dessous de OC correspondent aux récepteurs à décalage négatif (telles que les capacités par exemple).

Les points de la circonférence lieu des points A, situés sur l'arc NBO, correspondent aux récepteurs à décalage positif. En s'éloignant du point N, sur cet arc, les puissances pouvant être transmises décroissent progressivement et deviennent nulles quand le point A se confond avec le point O. A ce moment la valeur φ est égale à $+90°$.

Les points de cette même circonférence, situés sur l'arc NHO, correspondent aux récepteurs à décalage négatif. Les courants avancent par rapport aux forces électromotrices appliquées au récepteur. Nous voyons qu'en partant du point N, sur cet arc, les puissances pouvant être alimentées augmentent jusqu'à ce que le point A se confonde avec G, puis diminuent et deviennent nulles quand on arrive au point O. A ce moment la valeur de φ est égale à $-90°$.

Le diagramme nous montre également que, pour les appareils à décalage négatif, la force électromotrice appliquée au récepteur peut dépasser la valeur de la force électromotrice du générateur. La force électromotrice appliquée au récepteur a deux valeurs limites :

Un minimum situé entre N et B correspondant aux appareils à décalage positif;

Un maximum situé entre les points H et O correspondant aux appareils à décalage négatif.

Deuxième cas. — *La puissance effective à transmettre est donnée. Quel doit être le diamètre des fils de ligne?*

Dans ce cas, le lieu des points A, extrémités des vecteurs figurant les forces électromotrices appliquées au récepteur, ne sera pas une circonférence, mais une courbe dont l'équation sera, en prenant comme axe des coordonnées les droites By et Bx (*fig.* 3) :

$$x^2y + axy + y^3 + ABx^2 + ABy^2 + A \times 0{,}23(x^2+y^2)\log\frac{y^2}{x^2+y^2} = 0,$$

dans laquelle

$$a = \frac{\eta E_0}{\eta + 1}, \qquad A = \frac{\omega P \eta}{a},$$

$$B = 0{,}05 + 0{,}23 \log\frac{a^2\pi D^2}{\rho l P \eta},$$

D, l et ρ désignant respectivement la distance des axes des conducteurs, la longueur de la ligne, la résistance spécifique des fils employés.

La construction géométrique de cette courbe serait assez compliquée, et le mieux est de la tracer par points d'après le procédé suivant :

Nous savons que

$$(7) \qquad I = \frac{P(1+\eta)}{E_0 \cos\alpha},$$

P étant ici constant par hypothèse. De plus

$$RI = \frac{\eta}{1+\eta} E_0 \cos\alpha;$$

d'où, en remplaçant I par sa valeur,

$$R = E_0^2 \cos^2\alpha \frac{\eta}{(1+\eta)^2}\frac{1}{P} = \frac{4\rho l}{\pi d^2},$$

d désignant le diamètre des fils employés; d'où

$$d^2 = \frac{4\rho l(1+\eta)^2 P}{\pi E_0^2 \cos^2\alpha \times \eta};$$

d'où

$$(8) \qquad d = \frac{2(1+\eta)}{E_0}\sqrt{\frac{\rho l P}{\pi\eta}}\,\text{séc}\,\alpha = k\,\text{séc}\,\alpha.$$

En portant donc à partir du point C, sur la direction xx', une longueur égale à la constante k, et en élevant du point d ainsi obtenu une perpendiculaire sur la direction xx', cette perpendiculaire interceptera sur les droites menées du point C et figurant les directions des courants, des longueurs mesurant les diamètres des fils correspondant à ces directions. Comme nous connaissons d'ailleurs la distance entre fils (déterminée d'après la grandeur de E_0), nous pourrons trouver les réactances ωL correspondantes.

Par exemple, la direction du courant CD_1 coupera en d_1 la perpendiculaire élevée du point d et Cd_1 mesurera le diamètre du conducteur correspondant.

Les tableaux des formulaires nous donneront immédiatement la valeur de la réactance ωL et, comme la connaissance du diamètre nous permet également de calculer la résistance R des conducteurs, nous pourrons tracer la circonférence OBG_1 passant par le point G_1 déterminé par la relation

$$BG_1 = OB\frac{\omega L}{R}.$$

La droite joignant le point D_1 au point B coupera la circonférence ainsi tracée en A_1 point du lieu cherché.

La droite limitée aux points C et A_1 figurera la force électromotrice appliquée au récepteur et l'angle A_1CD_1 correspondra au facteur de puissance de celui-ci.

Ainsi, pour chacune des directions de courant CD_1, CD_2, CD_3, ..., nous pourrons tracer les circonférences OBG_1, OBG_2, OBG_3, ... et trouver les points A_1, A_2, A_3, ... du lieu cherché. En particulier, la longueur Cd correspondant au plus petit diamètre de fil pouvant être employé permettra de trouver le point P où la courbe lieu des points A coupe l'axe yy'.

Remarquons d'ailleurs que sur chacune des circonférences ainsi tracées seront situés deux points du lieu (A_1 et A'_1, A_2 et A'_2, ...) correspondant à deux valeurs égales en valeur absolue mais de signe contraire, de l'angle mesurant le décalage du courant par rapport à la force électromotrice au générateur.

Nous obtiendrons rapidement par ce procédé quelques points de la courbe lieu des points A assez rapprochés pour que la forme de celle-ci soit suffisamment déterminée.

Enfin, la relation (7) nous montre que la perpendiculaire

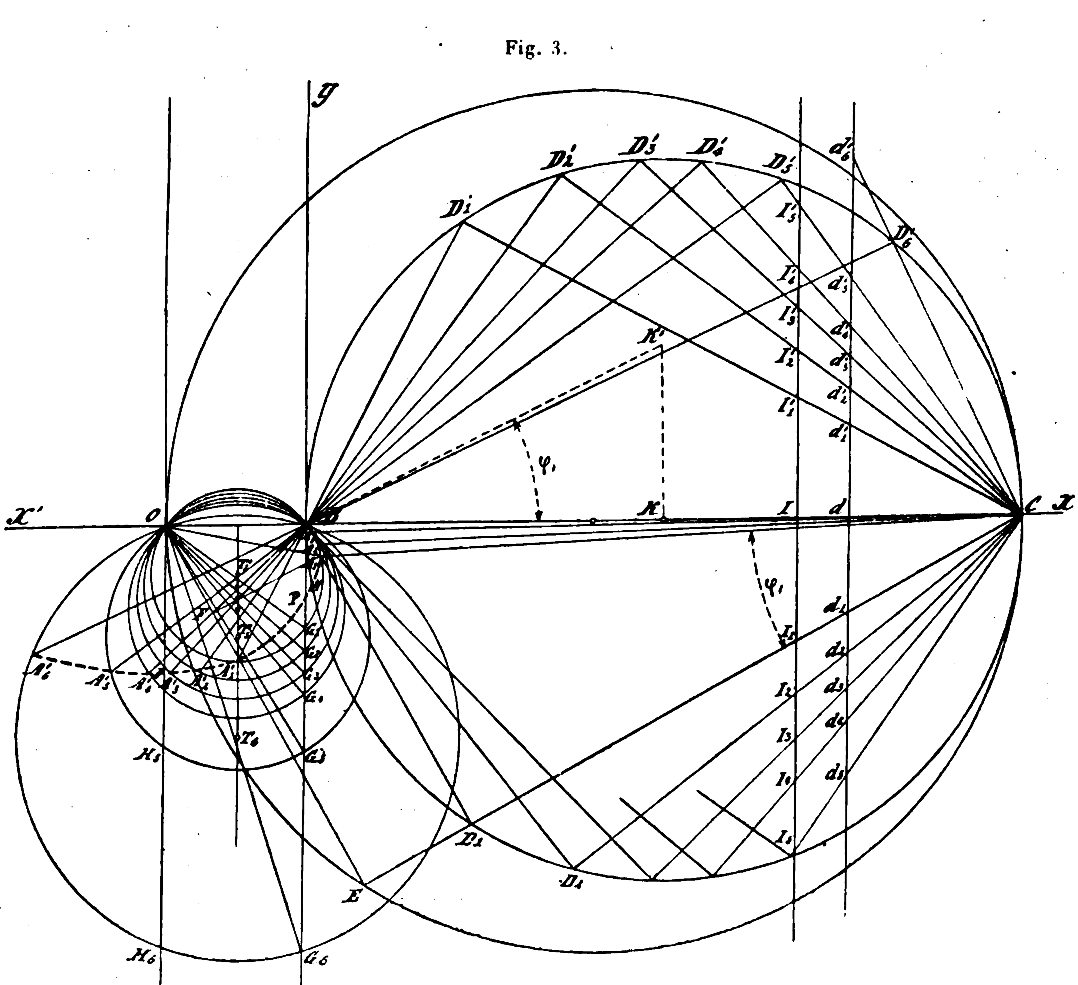
élevée sur xx' du point I tel que la longueur

$$CI = \frac{P(1+\eta)}{E_0}$$

limitera, sur les directions CD_1, CD_2, CD_3, ..., des longueurs CI_1, CI_2, CI_3, ... qui mesureront, à l'échelle choisie, les courants correspondant à ces directions.

Tracé du diagramme. — Après avoir tracé le lieu des points A, nous mènerons, ainsi que nous l'avons fait dans le premier cas, une droite faisant avec BC un angle égal à φ_1, puis, du point K' où cette droite coupera la perpendiculaire élevée sur xx' du centre de la circonférence CD_1B, nous décrirons, avec K'B comme rayon, un arc de cercle dont le point d'intersection avec le lieu des points A fixera l'extrémité de la force électromotrice appliquée au récepteur

Fig. 3.



correspondant à la puissance et au $\cos\varphi_1$ donnés. Nous compléterons la construction comme dans le cas précédent.

Nous aurons ainsi :

En Cd_1 le diamètre du fil à employer;

En CI_1 la grandeur et la direction du courant absorbé par le récepteur;

En CA_1 la force électromotrice appliquée au récepteur.

Nous pourrions d'ailleurs, dans le but de faciliter la discussion du problème, obtenir, à l'aide du diagramme, des courbes en coordonnées cartésiennes représentant les variations des différents éléments en fonction de l'un d'eux.

Remarque. — Comme dans le cas précédent, le point N où le lieu des points A rencontre la circonférence tracée sur BC comme diamètre correspond à un décalage nul du courant par rapport à la force électromotrice appliquée au récepteur. Les directions NB et NJ du lieu des points A correspondent respectivement à des décalages positifs et négatifs.

Indicateurs de pôles, par LÉON VERSÉ (*Bulletin de la Société belge des Électriciens*, t. XXII, p. 398, juin).

Dans d'assez nombreux cas il est nécessaire de connaître la nature des pôles d'une source d'électricité ou d'un appareil de transformation : par exemple pour l'alimentation des bobines de Ruhmkorff; le fonctionnement des interrupteurs Wehnelt, Simon, Caldwell; l'alimentation des lampes Nernst,

Boehm et à vapeur de mercure; la charge des accumulateurs, etc. Aussi les indicateurs de pôles sont-ils devenus d'utiles auxiliaires d'emploi de plus en plus fréquent ([1]).

Les moyens simples dont dispose l'électricien pour reconnaître la nature des pôles sont d'ailleurs assez nombreux. M. Léon Versé a recherché quels sont, parmi ces moyens, ceux qui sont appliqués ou susceptibles d'applications. Il les divise en trois groupes suivant qu'ils utilisent des actions électrolytiques, physiologiques ou électromagnétiques et, sur chacun d'eux, il donne quelques indications sommaires, mais bien suffisantes, que nous reproduisons ci-dessous :

I. Procédés électrolytiques. — La manière la plus simple pour distinguer les pôles, lorsqu'on ne dispose d'aucun appareil, consiste à tremper les deux fils amenant le courant dans un verre contenant de l'eau pure, et à y plonger très près l'un de l'autre les deux fils bien avivés. Il se forme de petits globules autour du fil correspondant au négatif.

Avec de l'eau salée, il se produit un abondant dégagegement de gaz, également au pôle négatif.

On peut aussi tremper dans l'eau acidulée à l'acide sulfurique deux petites lames de plomb. Lorsqu'on y fait passer le courant, le pôle positif prend une coloration brune.

Il suffit encore de plonger simplement les extrémités des fils de cuivre dénudés dans de l'eau acidulée. On voit le pôle positif noircir et de l'oxyde de cuivre, noir, se détacher. Ce procédé est plus simple que l'autre.

Si l'on a à sa disposition une cuve de galvanoplastie, c'est sur l'électrode négative que se produit le dépôt de métal.

Un autre système consiste à utiliser un bac renfermant une lame de plomb et une lame d'aluminium servant d'électrodes, et comme électrolyte une solution de borax et d'ammoniaque. Cet appareil doit être inséré dans le circuit de la même façon qu'un disjoncteur automatique, qu'il peut d'ailleurs remplacer parfaitement. Si la lame de plomb est reliée au + de la source de courant, et la lame d'aluminium à l'appareil d'utilisation, le courant circulera. Si, au contraire, la lame d'aluminium était reliée au + susdit, le courant ne passerait plus. Le passage, ou non, du courant peut donc servir d'indicateur de pôles.

Indicateur à liquide. — Il est ordinairement constitué par un tube de verre fermé à ses extrémités par des bouchons métalliques munis de bornes.

Le tube est rempli d'une solution composée de 50g de glycérine, 3g de salpêtre, 20g d'eau et 0g,5 de phtaléine du phénol. Cette dernière substance est préalablement dissoute dans 10g d'alcool.

En reliant ces bornes aux deux conducteurs, on voit du côté du pôle négatif la solution se colorer en violet.

Papier pôle. — On peut préparer du papier d'après le même principe, en le trempant dans une solution de 5g à 6g de phtaléine du phénol dans l'alcool.

Il suffit pour l'employer de mouiller un fragment de papier et d'y appliquer les deux conducteurs; le pôle négatif produit une tache rouge violet.

Le papier au ferro-prussiate, qui est du papier à photographie à traits blancs sur fond bleu, et connu dans l'industrie sous le nom de *bleus*, convient également très bien. Il suffit de mouiller un fragment de ce papier dans la région bleue et d'appliquer sur lui, à quelques millimètres l'un de l'autre, les fils amenant le courant; le pôle négatif laissera une trace blanche.

II. Procédés physiologiques. — Si l'on prend dans chaque main un des pôles du courant, on éprouve une sensation plus forte au pôle négatif qu'au pôle positif. Ce moyen n'est pas à conseiller pour des courants de plus de 110 volts.

III. Procédés électromagnétiques. — L'*indicateur de sens du courant à boüsso e*, employé principalement sur les tableaux de distribution, lorsqu'il est fait usage d'accumulateurs, consiste en une barre de cuivre sur laquelle oscille une aiguille aimantée, lestée dans le bas, qui tend à se mettre en croix avec la barre de cuivre, quand le courant traverse celle-ci.

Le pôle positif de la dynamo étant raccordé à la borne inférieure de l'appareil, le pôle nord de l'aiguille aimantée dévie à gauche à la charge; l'aiguille dévie à droite, lorsque les accumulateurs sont en décharge.

Dans le cas où le pôle négatif de la dynamo serait relié à la borne inférieure de l'appareil, l'aiguille aimantée dévierait à droite à la charge.

L'*indicateur Max* pour la charge des accumulateurs d'automobiles est basé sur le même principe : trois spires de fil isolé entourent diamétralement une boussole. La moitié du verre recouvrant l'aiguille aimantée est teintée en rouge.

Pour que le courant circule dans le sens voulu, il faut que la partie bleue de l'aiguille aimantée ou pôle nord se tourne vers la partie teintée en rouge du verre. Dans le cas contraire, il faut naturellement renverser les connexions.

L'*indicateur Fauvin et Amiot* est un appareil du même genre, sauf que le disque de verre porte deux voyants marquant + ou — selon le sens du courant.

Cet instrument indique les deux pôles; certains fabricants se contentent d'indiquer un pôle sur leur appareil.

L'*indicateur de pôles Ducretet et Lejeune* se compose d'un couple astatique formé de deux petits barreaux aimantés parallèles et à pôles alternés qui sont placés au-dessous d'un disque mobile.

Dans le fond de la boîte est un circuit que l'on fait traverser par le courant à étudier; on voit aussitôt apparaître à la partie supérieure les désignations + et —. Cet appareil permet aussi de connaître le sens du courant dans un câble isolé, en approchant le chercheur de pôles de ce câble, et en le plaçant dans une position indiquée par un trait tracé sur l'appareil.

Les *voltmètres,* du type Deprez-d'Arsonval à aimant permanent et bobine mobile, constituent également des indicateurs de pôles; en effet, l'aiguille ne dévie dans le sens voulu que si les fils sont reliés convenablement aux bornes. Comme les bornes de l'appareil portent les indications + et —, il est facile de reconnaître les pôles.

Si l'on a à sa disposition une *lampe à arc,* il est aisé de retrouver la polarité des conducteurs, en intercalant pendant quelques minutes la lampe dans le circuit pour la faire fonctionner; en interrompant ensuite le courant, le charbon positif reste un instant incandescent et ne s'éteint que le dernier. On pourrait, sans éteindre la lampe, observer si le cra-

([1]) Des inversions de polarité ont parfois lieu dans les installations comportant des accumulateurs. Cette inversion peut se produire dans une machine shunt à la suite d'un court-circuit violent, si l'action magnétisante du courant induit vient à surpasser celle des inducteurs; dans une machine compound, cette inversion se produit encore plus facilement par le changement de sens propice au courant de charge de la batterie.

Cette inversion de polarité est d'ailleurs facile à faire disparaître dès qu'elle a été décalée au moyen d'un indicateur de pôles : on relève les balais de la dynamo et l'on envoie dans l'enroulement inducteur pendant quelques secondes un courant auxiliaire provenant d'une batterie d'accumulateurs, de piles ou d'une autre dynamo.

tère lumineux, qui est *positif*, se forme sur le crayon supérieur ou inférieur.

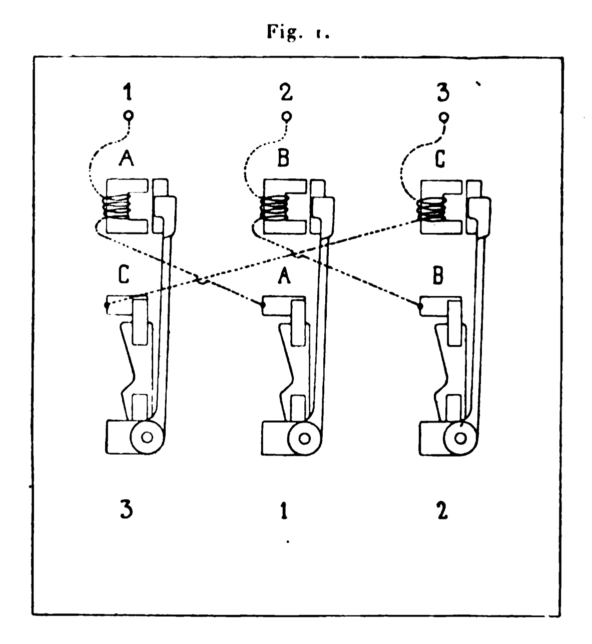
Disjoncteur tripolaire à minima Choulet pour la protection des moteurs triphasés (D'après renseignements communiqués par la Société industrielle des Téléphones).

Les sociétés d'électricité qui distribuent de la force motrice connaissent l'importance qu'il y a à protéger d'une façon absolue les moteurs de leurs réseaux contre les accidents pouvant entraîner leur détérioration.

Les abonnés à la force électrique demandent, avec raison d'ailleurs, au moteur électrique des avantages pratiques et économiques supérieurs à ceux des moteurs à vapeur, à pétrole, etc. Ils réclament surtout que le moteur puisse fonctionner en toute sécurité *sans surveillance*. On comprend aisément la raison économique de cette exigence.

Or, si les sociétés fournissant le courant ne peuvent garantir d'une façon absolue, par un appareil de sécurité, la protection des moteurs des abonnés, elles sont dans l'obligation de prendre à leur charge les réparations de ces moteurs lorsque ceux-ci sont endommagés par le fait du non-fonctionnement de l'appareil de protection. D'autre part, si ces sociétés se dérobent à cette obligation, les industriels hésitent ou même renoncent à employer un moteur électrique dont les frais de surveillance et de réparations peuvent être trop dispendieux.

Fig. 1.

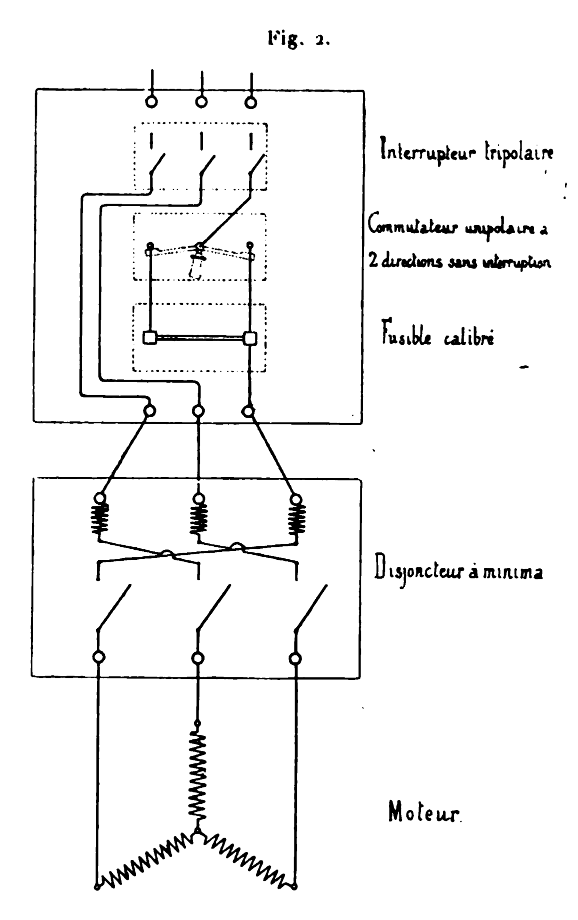


Pour les moteurs à courant continu ou à courant alternatif simple, le problème de la protection est aisé à résoudre, grâce à l'emploi des disjoncteurs ordinaires, mais il n'en est pas de même des moteurs à courants triphasés qui, pour être efficacement protégés, doivent être mis hors circuit, lorsque le courant vient à manquer sur une phase.

Parmi les diverses dispositions proposées pour arriver à ce but, l'une des plus simples et des plus élégantes est celle qu'a imaginée M. Choulet, Ingénieur à la Société méridionale de Transport de force, à Carcassonne, et que construit la Société industrielle des Téléphones.

Le disjoncteur de M. Choulet se compose de trois disjoncteurs à minima accouplés, mais, comme le montre la figure 1, les connexions sont faites de telle façon que, lorsque le courant manque dans la bobine A, par exemple, il en résulte une coupure du circuit de la bobine C et ainsi de suite, de façon qu'un manque de courant sur des fils provoque infailliblement l'ouverture successive des trois interrupteurs.

Fig. 2.



En disposant en avant du disjoncteur Choulet un fusible, comme cela est indiqué sur la figure 2, on obtient un ensemble fonctionnant à maxima et à minima afin de protéger le moteur dans tous les cas.

1° *Arrêt du courant sur les trois fils de distribution.* — Cet arrêt peut être accidentel ou normal (bien des sociétés interrompent le courant sur leurs réseaux chaque jour à des heures déterminées). Dans ce cas, il est nécessaire qu'il y ait interruption des trois fils d'amenée du courant au moteur, sinon, lorsque le courant reviendrait de nouveau sur le moteur, celui-ci se grillerait, ayant son rotor en court-circuit. Le disjoncteur fonctionnera à minima.

2° *Arrêt du courant sur un seul des trois fils.* — Cet arrêt peut être provoqué par la rupture d'un fil de ligne ou la fusion d'un fusible. Dans ce cas, il est encore nécessaire qu'il y ait interruption des fils du moteur, sinon, le moteur continuerait à marcher en monophasé et se grillerait.

Le disjoncteur fonctionnera à minima sur un seul fil, en coupant les trois fils.

3° *Baisse de voltage.* — Il peut se produire une forte baisse de voltage aux bornes du moteur provoquée, par exemple, par un court-circuit dans le réseau de distribution. Dans ce cas, le moteur pourra prendre une intensité de courant dangereuse. Le disjoncteur fonctionnera à maxima.

4° *Surcharge du moteur.* — Si la machine, entraînée par le moteur, prend une surcharge anormale, le moteur développera à son tour une puissance trop forte risquant de le griller. Le disjoncteur fontionne à maxima.

Résistance en carbone, W.-R. Whitney (Brevet américain, 792638, déposé le 16 novembre 1901, délivré le 20 juin 1905). — Les cylindres en charbon aggloméré peuvent avoir des conductibilités qui varient du simple au double, bien que paraissant identiques au point de vue physique. L'inventeur a remarqué que cette conductibilité provient en majeure partie de la couche extérieure, de sorte qu'en enlevant cette couche on obtient des cylindres de résistance très grande et très sensiblement constante. Dans son brevet l'inventeur propose d'enlever la couche superficielle par combustion en chauffant les cylindres au rouge en présence de l'air, puis de préserver de l'humidité les cylindres ainsi traités en les recouvrant d'une couche protectrice imperméable. Ces cylindres seraient avantageusement utilisés dans la construction de parafoudres, par suite de leur haute résistance et du fait que cette résistance ne subit pas d'altération permanente quand les cylindres se trouvent portés à haute température par le passage du courant.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Artom. BP. 3594, 1905. — Berry. USAP. 796555, 6 nov. 1903. — Cooper Hewitt. BF. 353439, 18 fév. 1905. — Krohn. USAP. 797518, 2 nov. 1899. — Kitsee, USAP. 793033, 16 oct. 1903. — Lincoln. BF, 353826, 29 avril 1905; BP. 8907, 1905. — Merz et Price. BP. 15796, 1904. — Sjoberg. USAP. 792855, 23 sept. 1904. — Tesla. BF, 354791, 18 avril 1905. — Weintraub. BP. 16255, 1904.

Canalisations : Berger. BF. 353886, 2 mai 1905 (procédé d'isolement des fils). — Blackburn. USAP. 796797, 21 oct. 1904 (crampons pour attacher les conducteurs). — Brown, BF. 354997, 6 juin 1905 (dispositifs servant à fixer les extrémités des fils électriques ou autres). — Callan. USAP. 992001 (fil). — Ceramica Richard Ginori. BP. 28804, 1904 (isolateur). — Chambers. BP. 20898, 1904 (conducteur). — Dekaiser. USAP. 797049, 21 nov. 1903 (connection). — Donohue. BF. 354118, 9 mai 1905 (pierre artificielle). — Dunsmore. USAP. 797050, 24 août 1904 (isolateur). — General electric Co. BP. 20715, 1904 (isolant). — Gest, BF. 354001, 5 mai 1905; USAP. 702892, 14 fév. 1903 (dispositifs et moyens pour la pose de fils électriques dans les conduites). — Griffiths. BP. 15778, 1904 (contact). — Hagerman. USAP. 795910, 24 nov. 1904 (dispositif de suspension de câbles). — Harcourt. BP. 19917, 1904 (contact). — Heap et Richardson. BF. 353279, 11 fév. 1905; BP. 20413, 1904 (support pour conducteurs aériens). — Hiss. USAP. 792594, 27 janvier 1905 (attache de fil). — Hubbell. USAP. 739197, 25 février 1905 (boîte de jonction). — Isherwood. BP. 19365, 1904 (conduits métalliques). — Koch. BF. 354488, 20 mai 1904 (prise de courant). — Lamme. BF. 353828, 1er mai 1905 (connexions pouvant fonctionner avec des courants continus ainsi qu'avec des courants alternatifs). — Jones. BP. 3979, 1905 (conducteurs). — Lapp. USAP. 795520 et 795521, 6 mars et 20 fév. 1905 (isolateur). — Mc Hardy. BP. 19590, 1904 (conduits pour conducteurs). — Meirowski. BF. 353905, 3 mai 1905 (isolateur). — Nisbett. BP. 8163, 1905 (isolant pour câble). — Osborne et Richter. USAP. 797215, 23 mai 1905 (boîte de jonction). — Owen. BP. 16842, 1904 (jonction). — Paiste. USAP. 797454, 20 janvier 1904 (jonction). — Philipps et Parkin. BP. 21729, 1904 (jonction). — Pracunier.. USAP. 794742, (jonction pour soudure). — Richert. BP. 18046, 1904 (prise de courant). Rodgers. USAP. 797457, 25 mars 1904 (conduits). — Sargent. USAP. 795067, 17 août 1903 (boîte de dérivation). — Siemens et Halske. BF. 353176, 11 avril 1905 (accouplement pour conducteurs). — Stone. BP. 29146, 1904 (supports pour conducteurs aériens). — Tomson et Hanna. BP. 15312, 1904 (virole). — Thomas. USAP. 797472, 3 fév. 1905 (accouplement). — Vibber. USAP. 796269, 20 mars 1905 (dispositif pour protéger les conducteurs tirés dans les tuyaux). — Waterman. USAP. 796269, 28 janvier 1905 (appareil pour la fabrication des câbles armés). — Waters et Mc Guinras. USAP. 795668, 20 juil. 1904 (boîte de dérivation). — Weber. USAP. 793754, 10 fév. 1903 (isolant).

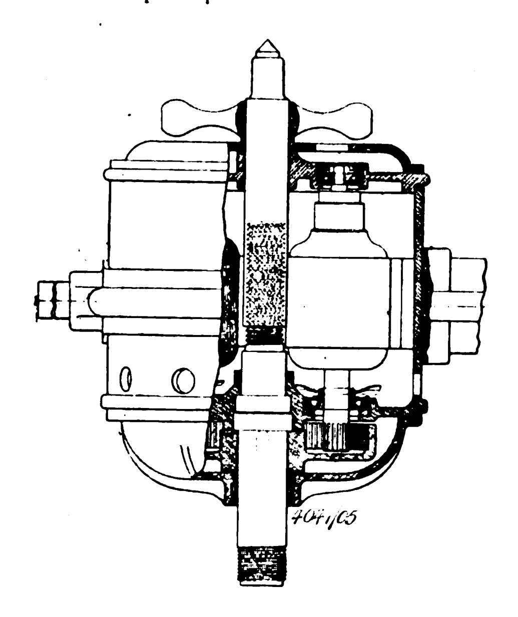
Commutateurs : Andrews. BF. 354809, 17 mai 1905. — Ayer. USAP. 796029, 12 août 1904. — Ayres et Hennessy. USAP. 797252, 9 fév. 1905. — Davies. BP. 7438, 1905. — Dow. USAP. 794218, 9 janv. 1905. — Du Bois. BP. 16210, 1904. — Dunn. USAP. 797271, 25 août 1903. — Elektricitaets Ges. BP. 7405, 1905. — Farquhar. BP. 18496, 1904. — Fletcher. BP. 16506, 1904. — Frey. BP. 9120, 1905. — Geisenhoer. USAP. 795436, 19 fév. 1902. — Guett. USAP. 793065, 793066, 794935, 10 mars, 1er et 4 nov. 1904. — Hewlett. USAP. 797433, 4 nov. 1903. — Jackson. USAP. 795285, 27 août 1904. — Kennedy, Mc Grégor, Wren. BP. 18317, 1904. — Luther. USAP. 797065, 4 avril 1904. — Mc Berty. USAP. 797526, 21 déc. 1903. — Mc Farland. USAP. 793897, 10 nov. 1904. — Metallwerk Elektra. BF. 353524, 19 avril 1905. — Pfirmann. USAP. 792845, 20 août 1902. — Pungs. BP. 19109, 1904. — Richards et Curbayne. USAP. 795235, 9 avril 1904. — Rusby. USAP. 796360, 1er juin 1904. — Schulz. USAP. 792734, 3 janv. 1905. — Sundt et Lindquist. USAP. 792860, 27 oct. 1904. — Volk. USAP. 793969, 25 nov. 1904. — Zani. BP. 12346, 1904.

Coupe-circuits : Cook. USAP. 785407, 9 mars 1904. — Davis et Reynders. USAP. 797048, 27 fév. 1904. — Gibbs. 797054, 9 déc. 1904. — Grisson. BF. 353946, 22 avril 1905. — Jones. USAP. 794985, 17 nov. 1904. — Just et Co. BF. 353232, 11 avril 1905. — Keil. USAP. 793936, 27 fév. 1905. — Sachs. USAP. 797324 et 797325, 10 et 18 déc. 1903. — Snyder. USAP. 795558, 15 nov. 1904.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

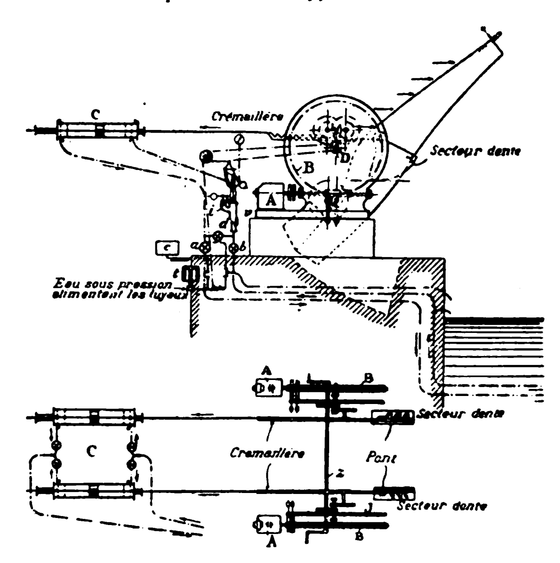
Moteur asynchrone, P. Jigouzo (Brevet américain 795838, déposé le 1er décembre 1902, délivré le 1er août 1905). — Ce moteur, spécialement destiné aux ponts roulants, grues, ascenseurs, se compose d'un rotor en cage d'écureuil mobile entre deux stators, l'un intérieur, l'autre extérieur. L'un des stators porte deux enroulements primaires, l'autre un seul; ces trois enroulements ont des nombres de pôles différents. L'enroulement correspondant au nombre moyen de pôles est utilisé par le démarrage; celui qui correspond au nombre minimum est employé dans la marche normale; enfin l'enroulement à nombre maximum de pôles sert à arrêter rapidement le moteur.

Dispositif pour la commande d'outils. W.-O. Duntley, Chicago (Brevet anglais 4041, 1905). — Autour de l'arbre de l'outil sont disposés plusieurs moteurs transmettant leur



puissance à cet arbre au moyen d'engrenages; les moteurs et les engrenages sont enfermés dans une enveloppe convenablement ventilée. Marks and Clerk.

Mécanisme de manœuvre du pont à basculement de Stettin (*Génie civil*, t. XLVII, p. 257-260, 19 août). — L'article décrit très complètement les diverses particularités de ce pont, situé sur l'Oder, d'une longueur totale de 104m, formé de deux travées de rive fixes de 40m,70 et d'une travée basculante de 23m. Cette dernière est constituée par deux tabliers équilibrés, reposant chacun sur deux secteurs dentés de 1m,05 de rayon. Sur l'axe commun de ces deux secteurs sont articulées deux tiges à crémaillère que commandent, au moyen d'engrenages réducteurs, des roues dentées B entraînées par des vis sans fin formant les prolongements des arbres de deux moteurs électriques de 15 chevaux. — Pour solidariser les actions des moteurs d'un même tablier et celles des moteurs de l'autre tablier, les quatre tiges à crémaillères sont munies de pistons mobiles dans des cylindres C remplis d'une huile spéciale qui conserve sa fluidité jusqu'à — 20°; une canalisation, essayée à 75 kg:cm², relie les quatre cylindres et permet l'uniformisation des pressions dans ces cylindres : dans ces conditions, si les pistons d'un tablier tendent à prendre une vitesse plus grande que ceux de l'autre tablier, il se produit en arrière des premiers une augmentation de pression que la canalisation transmet en avant des seconds. Ce système de régulation de la vitesse de rotation des deux tabliers, est indispensable, car, lorsque la direction du vent est telle que celui-ci s'oppose au basculement d'une



des travées, il aide au contraire au basculement de l'autre; or les effets dus au vent constituent la majeure partie des résistances à vaincre pour la manœuvre des tabliers, puisque ceux-ci sont parfaitement équilibrés et toute différence dans ces efforts est très notable. — Les rhéostats de démarrage des quatre moteurs sont commandés par un même volant.

Avertisseur automatique de la position des signaux de block-système, W.-S. Franklin et W.-R. Whiteborne (Brevet américain 795600, déposé le 18 avril 1905, délivré le 25 juillet 1905). — Par le brouillard, les mécaniciens ou conducteurs de trains ne peuvent se rendre compte exactement de la position des signaux sémaphoriques. Le but de l'invention est d'indiquer cette position par un avertisseur placé sur la locomotive ou le fourgon à bagages. Pour cela, un alternateur, placé dans la locomotive ou le fourgon et mû par l'un des essieux, est relié d'une part à la paire de roues d'arrière, qui est isolée électriquement du châssis, d'autre part à la paire de roues d'avant par un circuit comprenant deux relais, l'un à maximum, l'autre à minimum. En outre le bras du sémaphore porte un commutateur qui, suivant la position de ce bras (voie libre ou danger), ferme ou ouvre un circuit contenant un condensateur et dont une extrémité aboutit à une portion isolée de la voie, l'autre à la portion non isolée de cette voie. Tant que le train n'est pas dans le voisinage d'un sémaphore, le circuit de l'alternateur est fermé par les rails de roulement; il est parcouru par une certaine intensité de courant dont la valeur, réglée par la self-inductance du circuit, est telle qu'aucun des relais ne fonctionne. Quand la paire de roues d'avant du véhicule portant l'alternateur pénètre dans la section isolée de la voie, le circuit se trouve, suivant la position du bras du sémaphore, ou bien rompu, ou bien fermé sur le circuit sémaphorique contenant un condensateur; dans le premier cas le relais à minimum fonctionne; dans le second, la capacité du condensateur compense en partie la self-inductance du circuit, le courant augmente d'intensité et c'est le relais à maximum qui fonctionne alors.

TRACTION.

La traction électrique par moteurs monophasés sur les chemins de fer à voie étroite du Borinage (*Electrische Bahnen und Betriebe*, t. III, 3 juin 1905, p. 289-298).

La Société nationale des chemins de fer vicinaux de Belgique, dont le réseau à voie étroite ne comprend pas moins de 2200^{km} de voies en service, a été une des premières à faire usage de la traction électrique, mais seulement sur cinq lignes dont les caractéristiques se rapprochent de celles des lignes de tramways urbains. Sur les autres lignes à faible trafic ou à trains très lourds, elle avait jugé jusqu'à présent la traction à vapeur plus avantageuse. Toutefois, en présence des progrès réalisés récemment par les moteurs à courants alternatifs monophasés, elle se décida, en mars 1903, à traiter avec l'Union Elektricitäts Gesellschaft de Berlin pour l'électrification de son réseau du Borinage, trop étendu pour être desservi directement par du courant continu à 600 volts, et qui aurait conduit à un prix trop élevé de l'énergie avec le système par courants polyphasés de haute tension et sous-stations transformant le courant alternatif en continu, parce que ces sous-stations auraient travaillé dans de mauvaises conditions de charge.

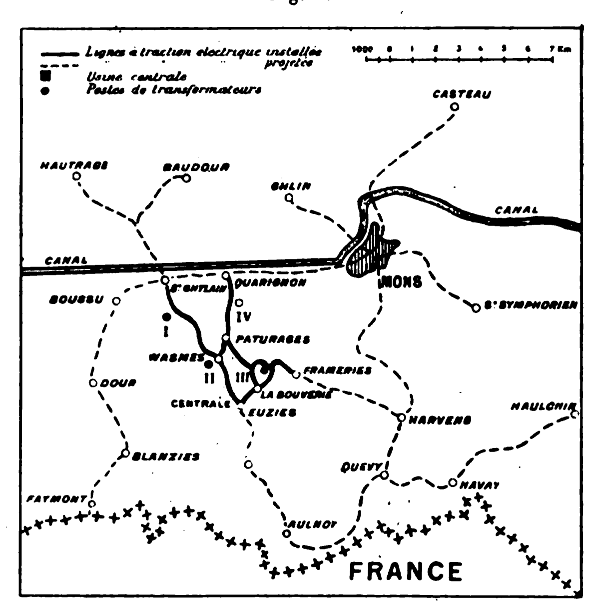
Des difficultés qui se sont présentées dans l'acquisition des terrains ont fait que cette installation, inaugurée le 6 avril 1905, n'a pas été, comme elle aurait dû l'être, la première fonctionnant avec des moteurs triphasés (la première est la petite ligne de la Stubaithal, dans le Tyrol, inaugurée le 1er août 1904), mais elle constitue la première application vraiment importante de la traction par moteurs monophasés Latour [1].

Réseau. — Le Borinage est la région belge comprise entre Mons et la frontière française du côté du sud et de l'ouest (*voir* la carte de la figure 1); elle renferme un bassin houiller très important. Elle est desservie par un réseau à voie étroite formant 129^{km} de lignes sur la totalité desquelles la traction électrique sera appliquée. Actuellement, 21^{km} sont électrifiés sur les lignes Saint Ghislain-Engies, Quaregnon-Frameries, Engies-Frameries et Paturages-Wasmes; la traction électrique sera installée plus tard sur les 108^{km} de lignes suivantes : Mons-Quévy-Havay-Haulchin, Engies-Quévy, Frameries-Harveng, Mons-Saint-Symphorien, Mons-Ghlin, Mons-Casteau, Mons-Boussu-Dour-Frontière, Saint-Ghislain-Hautrage, Saint-Ghislain-Bandour.

[1] La ligne Spinderfeld équipée de la même manière et par la même Société (*Rev. élect.*, t. III, p. 20) n'a également qu'une très faible longueur comparée au réseau du Borinage.

Le réseau du Borinage est presque entièrement à simple voie, avec évitements de distance en distance; le terrain est accidenté, les plus fortes rampes sont de 7,1 pour 100.

Fig. 1.



Une seule usine génératrice à courant alternatif monophasé, appartenant non pas à la Société des chemins de fer vicinaux, mais à une Société particulière, a été prévue pour tout le réseau, à peu près au centre de celui-ci, à 8^{km} de Mons, aux environs de Wasmes. Cette usine fournit en outre du courant pour éclairage et force motrice aux communes voisines, ce qui lui permet de vendre le courant à un prix très bas au chemin de fer.

La Société propriétaire de l'usine s'est réservé le droit de distribuer aux autres clients que le chemin de fer des courants triphasés. Afin de pouvoir alimenter dans de bonnes conditions des lampes à arc, on a choisi la fréquence 40 pour les courants triphasés et par suite aussi pour les courants monophasés; c'est à peu près la limite supérieure acceptable pour des moteurs monophasés.

L'usine centrale alimente actuellement les quatre postes de transformateurs marqués I, II, III, IV sur la carte. D'autres postes plus éloignés seront créés lorsque l'électrification sera étendue.

Usine centrale. — Cette usine, installée par la Société Union de Berlin, comprend deux bâtiments principaux formant chaufferie et salle de machines et un petit bâtiment annexe occupé seulement par les tableaux de distribution.

L'alimentation d'eau a été assez difficile à assurer :

il a fallu se contenter de l'eau d'exhaure d'une mine de charbon que l'on a un peu clarifiée par la construction d'une digue de retenue et d'un étang. L'eau des condenseurs est reprise par des pompes et refroidie dans une tour de réfrigération.

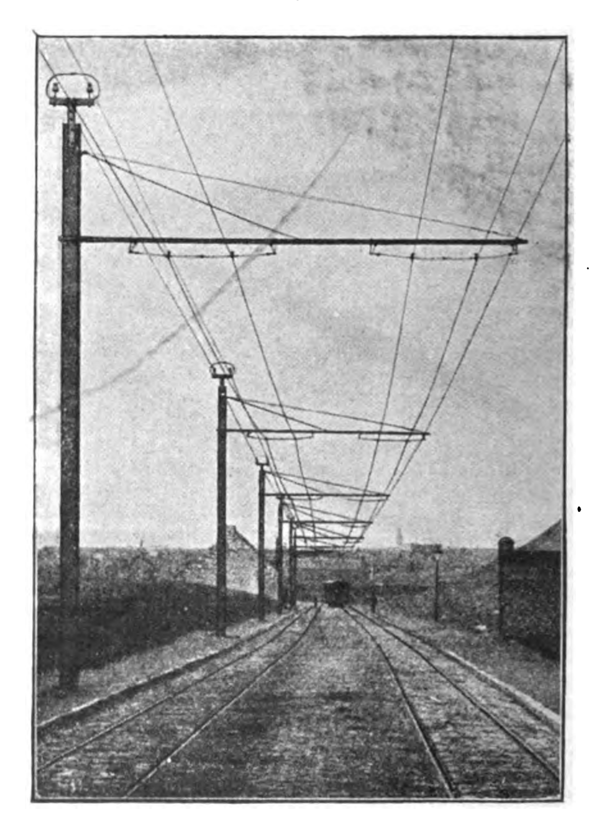
La chaufferie contient trois chaudières des Ateliers Piedbœuf de Jupille, près Liége, ayant chacune 90^{m^2} de surface de chauffe et surmontée d'un surchauffeur de 25^{m^2} de surface de chauffe, de la Société de Constructions mécaniques d'Aschersleben. Les gaz de la combustion traversent un économiseur à 128 tubes. L'alimentation d'eau est effectuée par deux pompes Weiss et Monski, débitant chacune 12^{m^3} à l'heure. Les tuyauteries d'eau et de vapeur sont toutes deux en boucle dont une branche seulement est généralement utilisée. On peut marcher à volonté avec ou sans surchauffe.

La salle des machines contient trois groupes électrogènes avec machines à vapeur horizontales compounds tandems, à distributions par soupapes commandées, des Ateliers Van den Kerchove, de Gand, avec un condenseur par mélange pour chaque machine. La vapeur, surchauffée à 350°, a une pression de 9^{atm} à l'entrée des cylindres HP. Deux des moteurs ont une puissance normale de 400 chevaux à la vitesse angulaire de 120 t : m et peuvent donner 610 chevaux pendant une demi-heure. Ils sont accouplés directement chacun avec un alternateur à 40 pôles, avec bobinage à trois circuits en étoile, pouvant donner, à la fréquence 40, 375 kilovoltampères en triphasé, ou bien en monophasé en utilisant seulement deux des enroulements. Le troisième groupe générateur, plus petit, se compose d'un moteur de 220 chevaux de puissance normale et 350 chevaux de puissance maxima pendant une demi-heure, accouplé à un alternateur pouvant donner, en triphasé ou en monophasé, 225 kilovoltampères. Tous ces alternateurs, à inducteur tournant et induit fixe, donnent une tension composée de 6600 volts. La régulation de la tension est obtenue automatiquement au moyen de régulateurs Tirrill.

La partie de droite du tableau de distribution, relative aux courants triphasés desservant les lampes et les moteurs des communes voisines, comprend trois feeders à trois fils. La partie de gauche, réservée au chemin de fer, sert de point de départ aux quatre lignes monophasées à deux fils desservant les quatre postes de transformateurs I, II, III, IV. Ces deux sections latérales sont alimentées par deux rangées de trois barres omnibus [1] fixées sur la partie centrale du tableau où aboutissent les trois fils de chaque génératrice et qui comprend également les appareils relatifs aux excitatrices. Sur cette partie centrale on relie chaque alternateur, soit en triphasé avec le panneau de droite, soit en monophasé avec le panneau de gauche; dans certains moments où la charge est très faible, aussi bien pour l'éclairage que pour le chemin de fer, un seul alternateur alimente même à la fois le côté triphasé et le côté monophasé.

Lignes. — Le courant monophasé à 6600 volts servant au chemin de fer (nous ne parlerons pas des lignes de distribution d'éclairage et de force), est amené aux quatre sous-stations de transformation par quatre lignes distinctes, mais réunies en parallèle à la station centrale. Ces lignes à haute tension, à deux fils nus, sont établies sur des poteaux en bois. Il en est de même des deux fils nus d'alimentation de la voie à 600 volts. (Il n'y a pas de feeders à basse tension.)

Fig. 2.



Cette alimentation se fait par deux fils isolés, et non par un seul fil avec mise à la terre du négatif, afin d'éviter toute perturbation sur les réseaux téléphoniques voisins existants qui fonctionnaient avec

[1] Pour le chemin de fer, deux barres omnibus suffiraient; on n'en a mis une troisième que pour le cas où l'on réunit par des interrupteurs tripolaires les deux séries de barres omnibus et si l'on veut ensuite faire des permutations de phases sur le monophasé.



retour par la terre. Ces deux fils en cuivre rouge étiré, à section de 100$^{mm^2}$, sont soudés à la manière ordinaire dans des gouttières longitudinales fixées à 90^{cm} d'écartement sur un fil tendeur transversal (voir la figure 2) avec interposition d'une boule isolante au milieu. Les deux extrémités du fil tendeur sont montées par l'intermédiaire d'isolateurs sous la potence d'un poteau métallique. Les poteaux sont constitués généralement par un fer double T à âme très large (¹); quelques-uns seulement prévus pour résister à des efforts supérieurs à 350^{kg} sont en treillis. Les bras du poteau, qui ont 2^m,95 de long sur les lignes à voie unique et 6^m,40 sur les portions à double voie, sont formés par un fer à double U (la forme tubulaire aurait conduit à une section trop forte), qui n'est pas boulonné sur le poteau mais fixé simplement par une bride établie en écartant et courbant les branches de l'U. Ce mode d'attache permet de faire varier facilement la hauteur du bras qui est réglée de façon que le fil de travail se trouve à 6^m au-dessus de la voie sauf dans la traversée sous les ponts. L'effort de flexion des bras est équilibré par deux haubans en fil d'acier de 6^{mm} (simple pour la voie unique et double pour la double voie), attachés d'une part à un anneau du poteau et d'autre part ancrés à l'autre bout par un tendeur à vis au milieu et à l'extrémité du bras.

Tous les 500^m sont placés des isolateurs de section avec parafoudres bipolaires; les deux sections voisines restent reliées électriquement par un fil de connexion, le dispositif ayant seulement pour but de permettre d'isoler une section en cas d'accident.

L'établissement des aiguillages a été simplifié (les lignes étant à double fil) en changeant au croisement la polarité des fils de l'une des lignes sans changer celle des fils de l'autre ligne; ce dispositif a été appliqué partout, sauf en deux points où l'on a été obligé d'employer des aiguilles plus compliquées.

En un point du réseau, où le passage sous un pont a forcé à abaisser le fil de travail à 3^m,50 seulement au-dessus du sol, ces fils, qui auraient pu être touchés par des voitures ordinaires, sont établis en boucle isolée en temps ordinaire et sur laquelle le courant n'est envoyé qu'au moment du passage du train, par la fermeture d'un interrupteur manœuvré par le mécanicien.

Transformateurs. — Les transformateurs monophasés employés dans les quatre sous-stations sont tous du même type de 75 kilovoltampères; il y en a 1 à la station de Hornu, 2 à la station II de Wasmes, 3 dans la station III de Frameries et 2 dans celle IV de Quaregnon.

Matériel roulant. — Il comprend actuellement 20 voitures motrices plus des voitures de remorque. Les motrices ont 6^m,60 de longueur de caisse et peuvent contenir 20 personnes assises dans le compartiment intérieur et 20 personnes debout sur les plates-formes de bout. Les voitures ne sont pas à bogies mais à deux essieux écartées de 2^m,40 seulement, avec roues de 0^m,80 circulant sur voie de 1^m.

En raison de l'emploi de deux fils d'amenée du courant, les voitures sont munies de deux perches de trôlet, écartées de 0^m,90 et montées sur un socle fixé au centre du plafond de la voiture. Les perches sont isolées sur 1^m,50 de longueur, à leur extrémité, afin d'écarter toute chance de court-circuit. Chaque voiture porte deux moteurs pesant ensemble 1385^{kg} et un transformateur régulateur pesant 260^{kg}; le poids total de l'équipement électrique est de 3,70 tonnes et le poids total de la voiture motrice de 9,95 tonnes. Les voitures de remorque pèsent 4 tonnes. Il y a sur chaque plate-forme de motrice un poste de commande comprenant un combinateur, un interrupteur à main et un disjoncteur automatique, mais on ne trouve sur la voiture qu'un seul parafoudre bipolaire du type à rouleau, et sous une banquette un interrupteur spécial permettant d'isoler séparément le stator et le rotor de chacun des deux moteurs en cas d'avarie. On n'utilise aucune résistance pour le démarrage, mais on en emploie pour le freinage; elles sont construites comme pour le courant continu et sont fixées sous les plates-formes.

Les moteurs, construits par la Société Union de Berlin, sont du type Latour à répulsion avec deux paires de balais dont une en court-circuit; le réglage de la vitesse est du système Winter-Eichberg. La figure 4 donne le schéma de la disposition employée. Le stator dont l'enroulement est, comme dans un moteur d'induction, uniformément réparti dans les encoches d'une couronne de fer, est monté en série, sur le circuit à 550 volts,

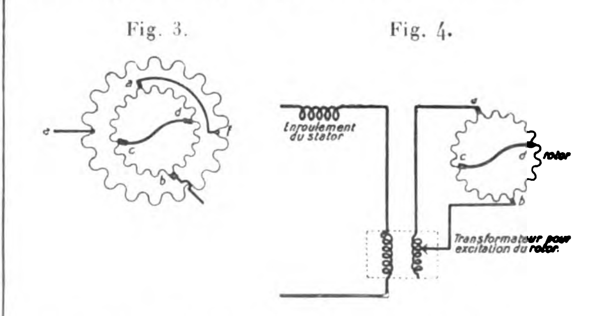


Fig. 3. Fig. 4.

(¹) Il y en a deux modèles : un de 150^{mm}, 127^{mm}, 11^{mm}, 11^{mm},5 pesant 34^{kg} au mètre courant, pour résister à un effort de 150^{kg}, et un autre de 254^{mm}, 152^{mm}, 8^{mm}, 15^{mm} pesant 50^{kg} au mètre courant, pour résister à un effort de 350^{kg}.

avec le circuit primaire d'un transformateur à 5 rapports de transformation variables, dont le secondaire est relié aux balais d'excitation *a b* d'un rotor à collecteur Gramme portant une seconde paire de balais en court-circuit. Le transformateur de réglage, dit *autotransformateur,* sert ainsi à effectuer les variations de vitesses du moteur, en même temps qu'il réduit la tension appliquée au rotor, lequel, dans le système Latour (¹), ne peut supporter une tension aussi élevée que le stator, si l'on veut que la commutation des balais en court-circuit soit bonne.

Les moteurs, de 40 chevaux chacun, sont construits pour une fréquence de 40 volts et une tension de 550 volts. La transmission du mouvement aux essieux est faite par engrenages ayant un rapport de réduction de 1 : 5,07. Les moteurs s'appuient d'un côté sur l'essieu et sont suspendus de l'autre côté par des ressorts à une traverse du châssis : le stator, enfermé dans un bâti à charnières, est construit pour donner six pôles et son enroulement, logé dans les rainures d'une masse de fer lamellée, est divisé en deux parties. Le rotor, semblable à un induit de génératrice à courant continu, a ses enroulements logés dans des encoches, reliés à un collecteur à lames, sur lequel appuient deux paires de balais, situées à 90° l'une de l'autre. Les balais d'excitation ne portent qu'un charbon, les balais en court-circuit portent chacun deux charbons.

Les combinateurs se composent d'un grand cylindre et d'un petit cylindre, ce dernier servant seulement au changement du sens de marche; on a jugé inutile de les munir d'une bobine de soufflage magnétique. Le gros cylindre sert à la mise en route, au réglage de la vitesse et au freinage. Il comporte, en dehors de la touche neutre, cinq touches de marche et six touches de freinage.

La régulation de la vitesse est obtenue par le groupement des deux moteurs en série ou en parallèle et aussi en faisant varier, par le transformateur régulateur dont il a été parlé plus haut, la tension appliquée au rotor; il y a deux positions de vitesse en série et trois en parallèle. On ne se sert pas de résistances pour le démarrage; il y a seulement, pour le passage du couplage série au couplage en parallèle, intercalation d'une seule résistance, qui ne reste jamais en circuit pendant la marche, après la vitesse établie. Il n'y a donc pour ainsi dire aucune énergie dépensée dans des résistances, aux démarrages. Les positions de freinage correspondent à la marche en génératrices des moteurs, séparés de la ligne, sur 5 résistances progressivement décroissantes : la sixième position correspond au freinage par contre-courant.

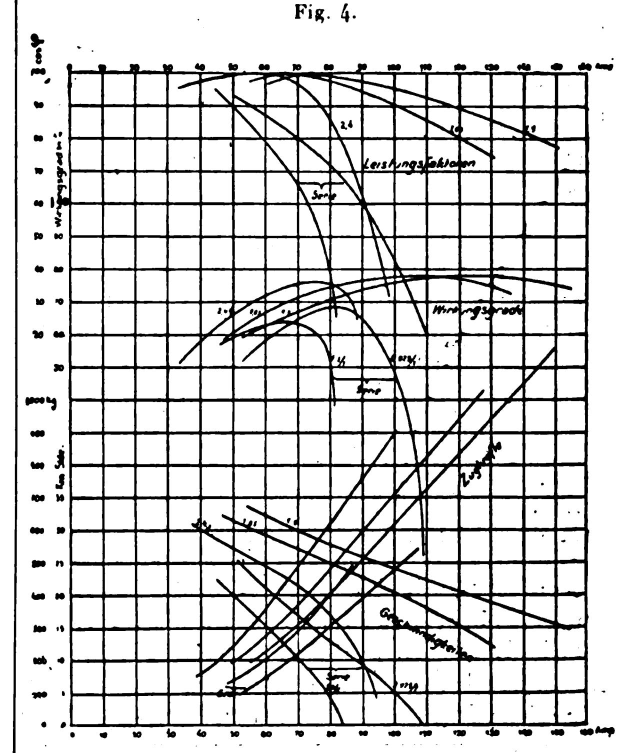
Le transformateur de régulation est fixé au milieu de la voiture, sous le châssis; il est refroidi par des canaux laissant passer l'air. Il comporte plusieurs prises de courant se rendant au combinateur.

Dépôt des voitures. — On a établi comme dépôt provisoire près de la station des Pâturages un hangar en bois pouvant contenir douze motrices et comportant un petit atelier et deux bureaux. Les voitures de remorque sont garées dans la cour.

Le dépôt définitif, qui pourra contenir vingt motrices et vingt remorques, sera établi à la jonction des lignes Quarignon-Engies et Engies-Saint-Ghislain.

Résultats d'exploitation. — L'exploitation a commencé le 6 avril 1905, sur quelques lignes seulement. Depuis cette époque, les moteurs se sont bien comportés; le collecteur et les balais ont des surfaces aussi lisses que dans un moteur à courant continu. Autant qu'on a pu en juger jusqu'ici, une usure de 1^{mm} sur des balais d'excitation correspond à un parcours de 500^{km} et sur les balais en court-circuit à un parcours de 250^{km} à 300^{km}. En comptant une

Fig. 4.



(¹) Dans les moteurs Latour, non munis du système de réglage Winter-Eichberg, le stator et le rotor (*fig.* 3) sont directement reliés en série, mais tous deux sont alimentés en *ed* par un courant réduit au préalable à quelques centaines de volts par un transformateur servant seulement de réducteur.

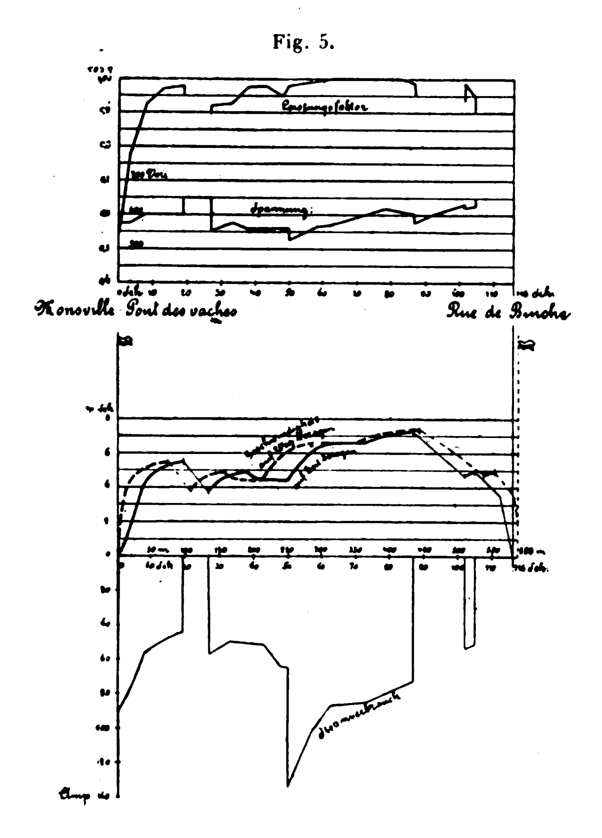


longueur utilisable des balais de 20mm, il faudra donc remplacer les balais de court-circuit au bout de 5000km à 6000km, et les balais d'excitation après 10000km de parcours.

La figure 4 donne les caractéristiques des moteurs en fonction du courant absorbé et pour les positions correspondant aux cinq rapports différents de transformation du transformateur-régulateur. On voit par ces courbes que, malgré la haute fréquence employée (40 périodes par minute), les rendements et les facteurs de puissances, qui tiennent compte des pertes dues au transformateur-régulateur et aux frottements dans les paliers, mais non de celles des engrenages, sont très satisfaisants et conviennent parfaitement pour le service considéré; ils seraient encore meilleurs pour une fréquence de 25.

La figure 5 donne les relevés de la tension du courant débité, de la vitesse et du facteur de puissance,

Fig. 5.



effectués soigneusement sur une section en rampe continue de 2 à 4 pour 100, parcourue au retour sans courant. On distingue nettement sur les courbes de courant (au bas de la figure) le passage du couplage en série au couplage en parallèle. On voit que le facteur de puissance (courbe en haut de la figure) est très élevé, puisqu'il dépasse pendant presque toute la durée 95 pour 100. CH. J.

La traction électrique sur les chemins de fer anglais, par PHILIPP DAWSON. — Mémoire présenté au Congrès international des Électriciens de Saint-Louis, en 1904. Discussion par MM. W. Léonard et Sprague (*Transactions of the Congress*, t. III, p. 7 à 30).

On trouve, en Angleterre, une longueur totale de 35000km de lignes de chemins de fer (dont 19520km à double voie et 15680km à simple voie) pour lesquelles est engagé un capital total de 29,6 milliards de francs. Comme le montre le Tableau I ci-dessous, le produit net de l'ensemble des compagnies de chemins de fer anglaises va constamment en diminuant, malgré une légère augmentation du nombre de voyageurs :

TABLEAU I.

Années.	Nombre total de voyageurs transportés.	Poids en tonnes de marchandises transportées.	Rapport des recettes nettes au capital engagé pour 100.	Rapport des dépenses d'exploitation aux recettes brutes pour 100.
1850....	72800000			
1860....	163400000	89800000	4,19	47
1870....	336500000		4,41	48
1880....	603800000	235300000	4,38	51
1885....	697200000	287200000	4,02	53
1890....	817700000	303100000	4,10	54
1895....	929700000	334200000	3,80	56
1899 ...	1106700000	413600000	3,61	59
1900....	1142200000	424900000	3,41	62
1901....	1172400000	415500000	3,27	63

Une des raisons de cette baisse des bénéfices est la perte subie par les lignes de banlieue, qui sont concurrencées souvent par des tramways électriques ayant l'avantage de faire des départs fréquents et des arrêts nombreux. Certaines compagnies auraient tendance à abandonner la lutte, c'est-à-dire à réduire leur service de banlieue et à reporter tous leurs efforts sur les grandes lignes. D'abord les autorités pourraient le leur interdire et ensuite les compagnies ne peuvent vraiment laisser inactif tout le capital engagé dans leurs réseaux de banlieue. Ce n'est que par l'emploi de l'électricité que les chemins de fer pourront soutenir la lutte, et ils pourront, dans la majeure partie, le faire avantageusement.

En effet, les lignes de chemins de fer, n'étant pas encombrées comme les routes, peuvent atteindre des vitesses plus grandes, et si l'on augmente les départs on peut accroître beaucoup le trafic. Sur le chemin de fer de la Mersey, par exemple, où la transformation a été commencée en 1902 et achevée en mai 1903, l'adoption du service à 3 minutes a fait monter le parcours semestriel de 220000 km-trains à plus de 620000 km-trains et le nombre des voyageurs transportés de 2800000 à 4150000. Sur la ligne Milan-Varèse de la Cie italienne de la Méditerranée le nombre total de passagers pendant les six

premiers mois de 1903 a été de 2977000, alors qu'il n'atteignait que 2768000 par an avant l'électrification. Le trafic augmente avec les facilités offertes au public. C'est ainsi que le nombre annuel de voyages effectués par habitant, qui était en 1867 de 23 à Londres et 47 à New-York, est passé en 1903 à 200 à Londres et 415 à New-York.

La traction électrique possède des avantages techniques importants tels que la suppression du poids mort du locomoteur, augmentation du poids adhérent, possibilité d'augmenter la rapidité des démarrages et la vitesse en marche, la puissance mise en jeu pouvant être considérable, enfin simplification des agencements et des manœuvres aux terminus (exemple la ligne de Liverpool à Southport où il aurait fallu agrandir la gare pour accroître les trains à vapeur).

Le moteur à courant monophasé est celui qui convient le mieux, parce qu'il permet l'emploi de hautes tensions (10000 volts sont nécessaires pour des lignes un peu étendues), tout en simplifiant beaucoup les aiguillages et croisements.

Le troisième rail, d'après l'auteur, n'est pas pratique, parce que dangerenx et trop difficile à surveiller et à entretenir [1]. Il faut employer une captation aérienne.

Les dispositifs usités par la Société Œrlikon et dans les expériences de Zossen (dont il a été souvent parlé déjà dans ce journal) donnent de bons résultats. Un système en forme de ciseaux conviendrait bien, d'après l'auteur, parce qu'il permettrait des variations importantes dans la hauteur de fixation du fil.

Il y a actuellement 73^{km} de lignes (généralement à double voie), comprises entièrement dans Londres et 289^{km} de lignes de pénétration comprises dans l'enceinte de Londres, dont 115 du côté nord et 174 du côté sud, soit un total de 362^{km} de lignes dans la ville de Londres. Pour desservir convenablement ce centre très congestionné, la traction électrique est tout indiquée et a également un vaste champ d'action dans la banlieue de beaucoup d'autres villes à banlieues importantes du Royaume-Uni.

DISCUSSION. — Dans la discussion qui a suivi la Communication de M. DAWSON, M. WARD LEONARD considère qu'il est de peu d'importance de comparer les dépenses de combustible et de personnel des locomotives causées par la traction électrique ou à vapeur, dépenses qui ne représentent en Amérique pas plus de 7 pour 100 du total des dépenses, les grosses dépenses provenant de l'amortissement, de l'entretien de la ligne et du matériel. L'important est de tirer le plus de recettes possibles d'un réseau donné. Dans cet ordre d'idées, l'avantage principal de l'électricité, à son avis, pour le trafic à marchandises, est de permettre des efforts de traction considérables à des vitesses assez élevées : il faut, pour bien faire, pouvoir dans une locomotive développer, par exemple, 36000^{kg} à la barre de traction à la vitesse de 50 km:h, ce qui correspond à une puissance de 4000 chevaux à la barre de traction. Sur les 40000 locomotives en usage aux États-Unis, il n'y en a pas plus de 4000 de types modernes. Parmi les meilleures de ces machines, il y en a qui peuvent développer 36000^{kg} à la barre de traction, mais seulement avec pleine admission de vapeur, c'est-à-dire à des vitesses extrêmement faibles, de sorte qu'aux vitesses convenables l'effort de traction n'atteint pas la moitié du chiffre précédent.

M. SPRAGUE estime que la traction électrique n'est avantageuse que sur les lignes à trafic dense. Or, les lignes américaines sont loin d'être chargées comme le sont certaines lignes anglaises. L'application de l'électricité est aussi dictée quelquefois par des considérations spéciales. Par exemple, l'électricité étant indispensable pour la traversée des tunnels du Pensylvania Railroad ou de la rivière Harlem (où la vapeur a été prohibée) du New-York Central Railroad, on a été conduit à employer la traction électrique jusqu'aux terminus des trains de banlieue circulant sur ces lignes.

Il est probable, dit l'auteur, que sur les chemins de fer anglais l'électrification des lignes ne sera effectuée que lorsque les compagnies y seront contraintes et non de leur plein gré, parce qu'il n'existe pas en Angleterre, comme en Amérique, de concurrence dans les réseaux et que les directeurs, qui changent peu souvent et sont âgés, ne pensent pas à se donner le tracas d'une transformation radicale dans le mode d'exploitation des lignes. CH. J.

[1] Les lignes de Liverpool à Southport et de Newcastle ont montré, dit l'auteur, le danger du troisième rail. Il y a eu de nombreux accidents, quelques-uns funestes, et dans un cas un train a été incendié.

Les chemins de fer monorails, par F.-B. BEHR. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis en 1904 (*Transactions of the Congress*, t. III, p. 300-307).

Depuis 1828 Telfort et bien d'autres ont énoncé l'idée de chemins de fer monorails, mais sans qu'aucun de ces projets ait pris corps. Des projets plus précis, mais non suivis d'exécution, furent faits de 1875 à 1884. L'auteur a construit les premières lignes monorails, à vapeur en 1886 et électrique en 1896. Un système monorail dénommé Langen a été appliqué depuis quelques années en Allemagne, notamment entre Barmen et Elberfeld.

Le principe spécial au monorail Behr a été appliqué en 1883 par M. Lartigue à quelques lignes primitives d'Algérie et de Tunisie, à traction animale, destinées au transport des fourrages. Une ligne d'expérience à vapeur a été construite par l'auteur en 1886 dans le voisinage de Victoria street dans la paroisse londonienne de Westminster; sur un certain parcours, une rampe de 10 pou 1100 a pu être gravie sans raté, ce qui montre que l'adhérence est bien plus forte sur une ligne monorail que sur une voie ordinaire à 2 rails.

A la suite d'un acte du Parlement de juillet 1887, une ligne monorail Behr à vapeur a été construite en Irlande, de Listowel à Ballybunion et ouverte au trafic le 1er mars 1888; depuis cette époque, c'est-à-dire depuis 16 ans, elle a fonctionné sans interruption et sans incident. Elle comporte des courbes très

raides, dont certaines de $16^m,20$ de rayon, et offre l'exemple de l'application du système monorail aux chemins de fer situés dans des régions un peu accidentées, où l'on peut éviter ainsi des tunnels et des ponts et économiser souvent 50 pour 100 dans la construction de la ligne.

Le chemin de fer monorail trouve une seconde application dans les métropolitains aériens des grandes villes, car il permet de traverser les rues encombrées au niveau du sol et coûte moins cher d'établissement. Une ligne de ce genre a été proposée pour réunir Chelsea-Embankment dans Londres à Putney Bridge dans la banlieue; le coût de la ligne à double voie n'aurait pas dépassé 625000^{fr} par kilomètre. Un autre projet, qui aurait coûté 1560000^{fr} par kilomètre de double voie, a été établi pour la traversée de Londres de l'ouest à l'est, sur un longueur de 27^{km}.

La troisième application du chemin de fer monorail réside dans l'établissement des lignes nouvelles pour services très rapides. N'ayant pas à se préoccuper des accidents de terrain et pouvant au contraire ménager des rampes à l'arrivée et des pentes au départ des stations, on arrive à construire des lignes pour vitesses de 160 à 180 km : h, qui sont moins coûteuses que des lignes à deux rails pour vitesses de 80 à 95 km : h.

Le système monorail permet d'atteindre des vitesses très élevées, sans aucun danger de déraillement, parce qu'avec une profondeur de seulement 8^{mm} on a l'équivalent d'une surface de contact de 75^{mm} de développement; sur une ligne d'essai de 5^{km} de long construite en 1897, composée de deux courbes raccordées presque directement, on a pu atteindre, avec une voiture de 70^t, dans des courbes de 45^m de rayon, avec rampe de 11 pour 1000, une vitesse de 120 km : h, résultat remarquable sur une ligne aussi dure. Le parlement britannique a autorisé et le Board of Trade a approuvé la construction d'une ligne monorail à grande vitesse entre Manchester et Liverpool, à condition que l'on ne dépasse 176 km : h.

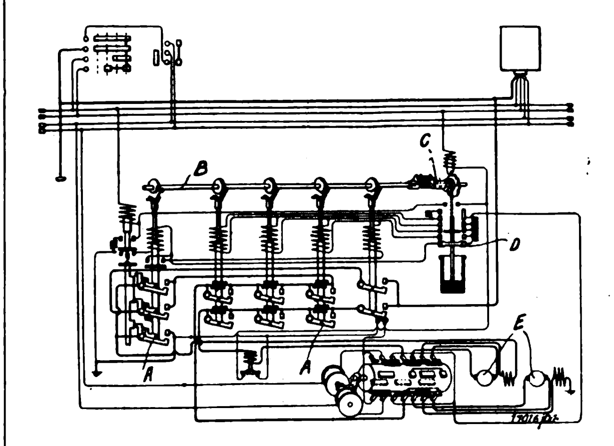
La longueur de cette ligne est de $55^{km},2$; la courbe la plus raide a 54^m de rayon. Il y aura deux voies partout avec un espace libre de $0^m,90$, au lieu de l'écartement normal de $0^m,50$, entre deux véhicules se croisant, de façon à permettre à un homme de passer pendant la marche des trains.

Le service se fera par des voitures isolées pour 40, 52 et 80 voyageurs. On propose pour commencer d'employer des voitures de 40 voyageurs partant toutes les 10 minutes et effectuant, à la vitesse de 176 km : h, le trajet complet en 20 minutes sans aucun arrêt, ce qui permettra de transporter 48000 voyageurs par jour. Les collisions seront impossibles, puisque les deux voies seront entièrement séparées et n'auront aucun croisement ou aiguillage; il n'y aura jamais plus de deux voitures ensemble sur chaque ligne. Le centre de gravité de la voiture, d'après la condition imposée par le Parlement, se trouvera au moins à $3^m,60$ au-dessous du niveau supérieur du rail unique; un filet sera disposé au-dessous de toute la longueur de la ligne. Le coefficient d'adhérence, par les temps les plus défavorables, sera de 1/6, soit 166^{kg} par tonne; l'accélération initiale sera de 0,60 m : s : s. La voiture pèsera 40^t, et son poids adhérent, de 100^{kg}, dépassera de beaucoup les 70^{kg} nécessaires avec cette accélération. La résistance à la traction et au vent est évaluée à 22^{kg} par tonne à la pleine vitesse qui sera atteinte après un parcours de 3200^m. La puissance nécessaire est de 1100 chevaux environ au démarrage et de 515 chevaux en pleine vitesse : soit 129 chevaux pour chacun des quatre moteurs de la voiture.

La station génératrice sera établie exactement au milieu de la ligne, à Warington; les courants triphasés produits à 15000 volts seront convertis en courants continus à 650 volts dans cinq sous-stations; la distribution se fera par le système à trois fils. Chacun des quatre moteurs, construit pour 600 volts, aura une puissance de 160 chevaux à la vitesse angulaire de 720 t : m (les roues auront $1^m,30$ de diamètre et seront actionnées directement), mais pourra donner 320 chevaux au démarrage.

Les arrêts seront effectués par le frein Westinghouse rapide, en 1300^m environ, avec une retardation de 0,90 m : s : s. ou au besoin par mise en court-circuit des moteurs. CH. J.

Combinateur pour moteurs de traction. BRITISH THOMSON-HOUSTON Co (Brevet anglais 17016, 1904). — Les leviers A mettent successivement en court-circuit des résis-



tances ou changent des connexions; ces leviers sont commandés par des solénoïdes. Un arbre B qu'un mécanisme C sert à faire tourner lance successivement le courant dans les solénoïdes. On réalise ainsi l'alimentation des moteurs E en série ou en parallèle avec ou sans résistances. M. AND C.



APPLICATIONS THERMIQUES.

Inflammateur et Magnéto Caron pour l'allumage des moteurs. (D'après renseignements communiqués par la Société industrielle des Téléphones.)

Dans ce système d'allumage l'inventeur a cherché à réunir les avantages de l'allumage par *induction* et de l'allumage par *arrachage* en éliminant les inconvénients dus à la complexité de ces deux systèmes.

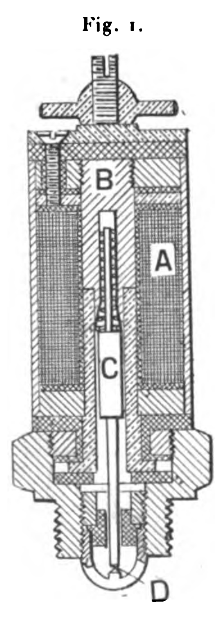
De même que dans l'allumage par induction, le remplacement d'un inflammateur usagé ou détérioré se fait par un simple vissage et sans aucun réglage mécanique comme s'il s'agissait d'une bougie ordinaire; mais les accessoires obligés de celle-ci : fils fortement isolés, bobines délicates et encombrantes que la moindre humidité détériore et qu'on ne peut toucher sans recevoir une secousse désagréable ou même dangereuse, n'existent plus.

Comme dans l'allumage par arrachage mécanique l'étincelle de rupture est très chaude et la distribution très simple, mais l'emploi d'organes mécaniques compliqués, dont le réglage précis nécessite un spécialiste, est supprimé.

Ce système d'allumage comporte une magnéto qui tourne à demi-vitesse du moteur et un nombre d'inflammateurs et de fils d'amenée de courant égal à celui des cylindres.

L'*inflammateur* dont une coupe est donnée en figure 1 se compose d'une bobine A traversée par le

Fig. 1.



courant de la magnéto. Ce courant aimante le noyau B qui, par suite, attire la partie mobile C. Le circuit électrique qui était fermé par le contact de C sur la masse s'ouvre en D et y produit l'étincelle d'allumage. Comme le circuit ne s'ouvre qu'au moment où l'étincelle jaillit, il ne peut y avoir encrassement des contacts; en outre, ces contacts sont en platine et ne s'oxydent pas; enfin, le circuit s'ouvrant automatiquement quand le courant est lancé, il n'y a aucun réglage à faire. La seule partie qui s'use dans cet appareil, et cela au bout d'un temps très long qui correspond à un parcours de plusieurs milliers de kilomètres dans le cas d'une automobile, est le contact D qui peut être remplacé facilement pour un prix minime.

La *magnéto* (*fig.* 2) dont l'induit est mobile et

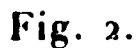
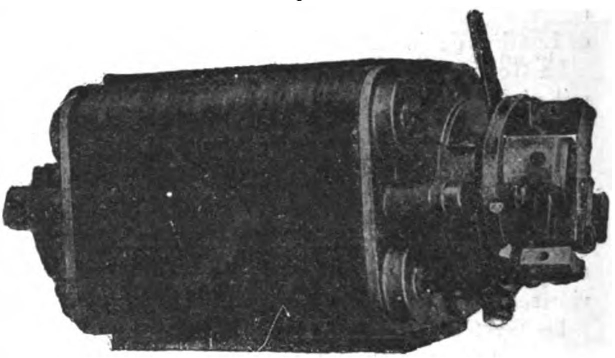


Fig. 2.



tourne à demi-vitesse du moteur est à quatre pôles; elle donne par suite deux émissions de courant par tour de moteur. Elle porte sur son arbre un distributeur qui envoie un extra-courant successivement aux plots d'un collecteur, lesquels, en nombre égal à celui des cylindres du moteur, sont reliés directement aux inflammateurs.

Les divers organes de cette magnéto sont très robustes. L'induit bobiné en gros fil, la magnéto étant à basse tension, ne peut s'échauffer d'une façon exagérée; les aimants inducteurs auxquels on demande une action assez faible gardent indéfiniment une aimantation suffisante [1]; le calage de la magnéto ne demande aucune précision, la rotation du collecteur permettant de donner l'avance voulue; enfin, le graissage, assuré par deux paliers à bagues,

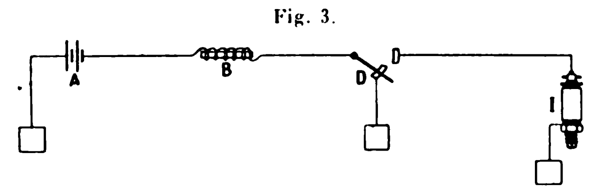
[1] La magnéto reste indéfiniment aimantée en marche normale, mais si, par suite d'une cause accidentelle, le champ magnétique venait à être affaibli, on peut la réaimanter sans la démonter. Il suffit pour cela de tourner le moteur de manière que l'induit de la magnéto forme presque court-circuit magnétique entre les pôles des aimants, puis de faire passer dans l'induit un courant de 6 ampères pendant une seconde. L'induit ayant une résistance de 4 ohms, une batterie de 12 accumulateurs sera suffisante pour cette opération; si l'on n'a pas de batterie à sa disposition on peut se servir d'une distribution à 110 volts courant continu, sans même avoir besoin d'intercaler un rhéostat, l'induit pouvant supporter 30 ampères pendant quelques secondes.

ne se fait que rarement et la faible tension du courant qui circule dans l'induit permet d'ailleurs de ne pas craindre, comme dans les magnétos à haute tension, les excès de graissage. Quant au distributeur, il peut être visité, au besoin changé, en ne retirant qu'une seule vis.

Bien que les deux parties du système, inflammateur et magnéto, aient été spécialement étudiées pour fonctionner ensemble, l'inflammateur peut être alimenté par les divers procédés en usage : piles, accumulateurs, magnétos de divers systèmes. A la vérité l'alimentation par piles n'est pas à recommander, car le courant doit atteindre 0,6 ampère sous au moins 30 volts, ce qui conduit à l'emploi d'un grand nombres d'éléments, même si l'on intercale sur le circuit une bobine de self-induction et qu'on utilise le courant de rupture. Mais l'alimentation par accumulateurs convient fort bien en employant un distributeur tournant analogue à celui de la magnéto.

La figure 3 indique le schéma des connexions dans ce dernier cas. En A sont les accumulateurs, en B la bobine de self-induction, en D le distributeur et

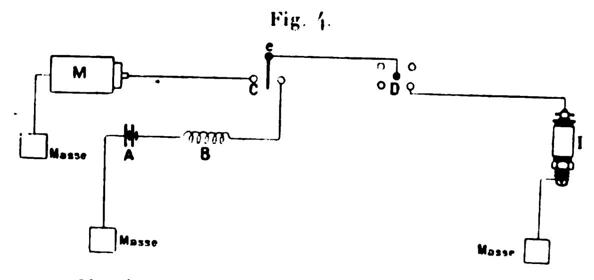
Fig. 3.



Marche sur accumulateurs avec bobine de self-induction.

en I l'inflammateur. Le distributeur ferme d'abord le circuit des accumulateurs sur la masse, puis il coupe ce circuit et envoie l'extra-courant de rupture dans l'inflammateur. Dans ces conditions la tension aux bornes des accumulateurs peut être abaissée à 4 et même à 2 volts. Toutefois, quand la vitesse du distributeur augmente au delà d'une certaine limite,

Fig. 4.

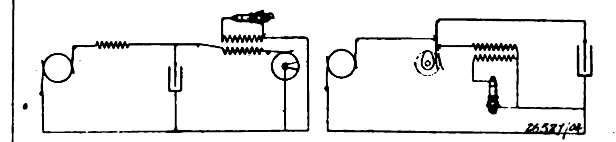


Marche mixte par magnéto et accumulateurs.

la quantité d'énergie emmagasinée dans la bobine de self-induction diminue et il faut élever la tension; cette tension est de 8 à 10 volts pour un moteur tournant à 1200 tours par minute. Il est donc bon d'adjoindre au système un commutateur permettant d'effectuer le démarrage avec 2 ou 4 volts pour ne pas consommer inutilement de l'énergie et ne pas détériorer les appareils, puis monter à 6 ou 8 volts pour la marche normale et à 8 ou 10 volts pour une marche rapide.

On peut d'ailleurs très facilement monter en même temps l'allumage par accumulateurs et par magnéto Caron. La figure 4 indique quel est alors le schéma des connexions : C est un commutateur permettant de mettre en circuit ou la magnéto M ou les accumulateurs A, D le distributeur de la magnéto Caron avec 4 plots correspondant à 4 cylindres. Avec ce dispositif on se sert des accumulateurs pour le démarrage, puis de la magnéto en marche normale. H. P.

Inflammateurs pour moteurs. EKSTEIN et COATES, Manchester (Brevet anglais 26527, 1904). — Le but de l'invention est d'obtenir des étincelles efficaces avec le minimum de dépense d'énergie et sans être astreint à faire marcher la source d'électricité synchroniquement avec le moteur. Un



condensateur est chargé par le générateur et le courant de décharge passe par un transformateur et un interrupteur à came mû par le moteur, cet interrupteur fermant le circuit en temps opportun. Les figures indiquent deux modes de montage. MARKS AND CLERK.

Appareils de chauffage, J. LAFOND (*L'Electricien*, t. XXX, p. 123, 19 août). — Une résistance, constituée par des fils métalliques ou des crayons de charbon, est plongée dans un fluide gazeux ou liquide; celui-ci se chauffe au contact de la résistance quand un courant électrique traverse cette dernière: il diminue de densité et s'élève dans un tube formant portion d'une canalisation fermée ramenant le fluide refroidi au contact de la résistance. En prenant des liquides isolants comme des hydrocarbures on évite toute oxydation aussi bien que toute fusion intempestive des résistances. — Ce système peut s'appliquer à des appareils de formes très diverses. Il a été utilisé pour le chauffage des bains électrolytiques; dans ce cas la résistance est formée d'un fil métallique maintenu suivant l'axe d'un tube de plomb rempli de valvoline ou de paraffine. L'inventeur a également construit une étuve à vapeur d'eau alimentée par des courants alternatifs sous 1000 volts et absorbant une puissance de 15 chevaux; le prix de revient de cette étuve n'a été que de 115^{fr}.

BREVETS RÉCENTS.

Chauffage : RAYNER. USAP. 796533, 2 oct. 1902 (peignoir de bain chauffé). — ROLFE. USAP. 793158, 14 nov. 1903 (lampe chauffante). — UNION ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 789, 1904 (chauffage). — VOELKER. BP. 10873, 1904 (chauffage). — WARING. USAP. 784454, 22 avril 1904 (appareil pour huile ou gaz). — WRIGHT et SAGER. USAP. 793118, 6 sept. 1904 (appareil pour eau).

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

L'Exposition de Liége.

Avant d'aborder la description des machines et des installations électriques de l'Exposition, disons un mot de l'organisation qui a été adoptée pour assurer la fourniture de l'énergie électrique nécessaire.

Le Comité exécutif est parvenu à assurer tous les services électriques au moyen de machines et de matériel exposés. Ce sont des chaudières exposées qui alimentent des groupes électrogènes qui sont eux-mêmes exposés. La tuyauterie, le tableau de distribution et le réseau sont également exposés.

Ce système, assurément très économique, a eu en outre l'avantage de mettre en jeu un matériel de tout premier choix. Il faut reconnaître cependant qu'il présente de grandes difficultés d'organisation qui ne peuvent être surmontées qu'à la faveur de certaines circonstances.

A Liége, ces circonstances heureuses ont résulté de l'appui bienveillant que l'Administration des Chemins de fer de l'État a accordé au Comité exécutif en décidant que les machines commandées pour la Centrale des ateliers de Malines seraient, préalablement à leur installation, mises à la disposition de l'Exposition.

Ces machines, que nous décrirons avec plus de détails dans la suite, se composent de trois groupes électrogènes de 600 chevaux chacun. Elles débitent du courant continu à la tension de 440 volts.

Le Service technique de l'Exposition a adopté le système de distribution à trois fils en reliant directement le neutre à la terre.

Pour équilibrer les deux ponts ainsi formés on dispose à la Centrale de trois égalisateurs de tension destinés également à l'Administration des Chemins de fer de l'État.

Dans les halles, la canalisation est en majeure partie aérienne; elle suit les lignes de colonnes. Les fils extrêmes sont isolés, le neutre est nu; tous trois sont supportés par des isolateurs à roulettes fixés à des blochets en bois.

Dans les jardins, elle est souterraine. Des feeders en câbles armés d'acier partent du tableau général pour aboutir à sept centres de distribution. Le neutre est nu et en contact direct avec la terre.

Les câbles sont placés à $0^{m},80$ environ sous le sol; ils sont noyés dans une couche de sable et protégés par des briques posées à plat.

Les différents centres sont reliés entre eux par des distributeurs

Les installations d'éclairage et de force motrice sont reliées, toujours en câbles armés, soit aux distributeurs, soit aux centres de distribution.

Naturellement, le réseau de l'éclairage et celui de la force motrice sont complètement distincts.

Liége étant une ville essentiellement industrielle, il n'est pas étonnant que la partie la plus intéressante de son Exposition soit la galerie des machines. Celle-ci est remarquable surtout par le nombre des unités en mouvement.

Pour avoir une idée de la vie qui règne dans cette magnifique Section de l'Exposition, visitons rapidement la halle des machines belge, dont la presque totalité des moteurs est normalement en marche et actionne des dynamos.

A proximité du tableau de distribution se trouve le stand de la maison Carels, de Gand. Nous y voyons tout d'abord un moteur à pétrole lourd, système Diesel, de 600 chevaux effectifs à trois cylindres. C'est le plus gros moteur à pétrole construit jusqu'à ce jour. De la marche à vide à la marche en pleine charge, l'irrégularité maxima est de 2 pour 100. A ce moteur est accouplée une dynamo Lahmeyer d'une puissance de 450 kilowatts sous 550 volts.

Les ateliers Carels exposent en outre une des trois machines à vapeur commandées par les Chemins de fer de l'État dont nous avons dit un mot plus haut. Ces machines, presque identiques, sont compound, la distribution se fait au moyen de pistons valves, elles sont accouplées directement à des dynamos de 600 chevaux.

La dynamo actionnée par le moteur Carels a été fournie par les Ateliers de constructions électriques de Charleroi.

Aux deux stands suivants sont exposés deux groupes électrogènes semblables. La machine à vapeur du premier est construite par la firme Van den Kerchove et la dynamo par la Compagnie internationale d'électricité. La maison Preud'homme de Huy a fourni la dernière machine, laquelle actionne une dynamo sortant des ateliers Jaspar.

Une particularité digne de remarque est l'identité absolue de ces trois dynamos. L'Administration des Chemins de fer de l'État, désireuse d'unifier les types de ses dynamos, a fait étudier par les maisons belges des types répondant à une progression de puissance qu'elle avait arrêtée. Ces standards sont caractérisés par une robustesse et une élasticité de puissance exceptionnelles. C'est ainsi qu'on a pu, sans les exposer à des échauffements nuisibles, sans même abaisser sensiblement le rendement, soumettre ces dynamos à des surcharges durables de 75 pour 100.

L'abondante collection de ces machines de construction aussi exceptionnelle mérite à divers égards de fixer l'attention de l'électricien, à cette époque de concurrence effrénée qui conduit fatalement à la production de modèles dans lesquels tout est mesquinement épargné.

Il serait trop long de décrire une à une toutes les machines exposées dans cette vaste halle de la section belge. Toutes sont intéressantes pour l'ingénieur, mais beaucoup sortent du domaine de l'électrotechnique.

L'électricien ne pourrait toutefois s'empêcher de

jeter un regard en passant sur les stands magnifiques des Ateliers de constructions de la Meuse, des ateliers de construction Gilain de la firme Heindrichs, de la Société Liégeoise, du Phœnix, de Saint-Léonard et de Cockerill, qui tous renferment des applications intéressantes de l'électricité.

La belle exposition des Ateliers de construction de la Meuse renferme un cinquième groupe électrogène de la même puissance que les précédents, constitué d'une machine à vapeur compound des Ateliers de la Meuse et d'une dynamo Lahmeyer établie pour la tension de 240 volts; ce groupe concourt à la production en alimentant un des ponts seulement, ainsi que des appareils spéciaux exigeant cette tension.

Les ateliers Gilain, de Tirlemont, exposent entre autres machines une grue électrique destinée à la gare maritime de Bruxelles-Etat. L'équipement électrique a été exécuté par la Compagnie internationale d'Electricité. Cette grue doit pouvoir lever 10 tonnes à une vitesse de 9^m par minute. Avec cette charge elle doit pouvoir exécuter une giration complète en moins de 60 secondes et se déplacer en palier à raison de 30 mètres par minute. Les deux moteurs qui l'actionnent sont excités en série et à renversement de marche. La prise de courant se fait par archet.

Dans le stand de la firme Heindrichs, de Verviers, se trouvent, actionnés par des moteurs à vapeur de cette société, une génératrice de 350 chevaux fournie par la maison Force-Eclairage, de Bruxelles, construite spécialement pour favoriser la ventilation dans des locaux mal aérés, et une dynamo de la maison Beer, de Jemeppe, commandée, ainsi que son moteur, par l'Etat.

La Société anonyme liégeoise pour la Construction des machines expose une machine compound tandem actionnant une dynamo de 200 chevaux des Ateliers de constructions électriques de Charleroi. L'énergie produite est utilisée par un moteur de 125 chevaux de la même firme actionnant une pompe de mine provenant également de la Société liégeoise.

Le Phœnix, de Gand, expose, avec le concours de la Compagnie internationale d'Electricité, deux groupes électrogènes : une machine compound tandem actionnant une dynamo de 200 kilowatts et une seconde accouplée à un alternateur de 215 KVA sous 3000 volts, destinée aux charbonnages d'Abhooz. Le courant fourni par ce groupe est conduit au stand de la Compagnie internationale, où il alimente différents transformateurs et moteurs triphasés.

Nous arrivons enfin aux stands des importantes sociétés de Saint-Léonard et de Cockerill où nous voyons accouplés à de très intéressants moteurs à gaz de fours à coke ou de hauts-fourneaux, des dynamos fournies par la Société internationale et la Société Force-Eclairage. L'expérience de ces dernières années a montré à l'évidence que ces moteurs se prêtent parfaitement à la production de l'énergie électrique.

Pour terminer cette promenade à travers la grande halle des machines, jetons un coup d'œil sur les trois ponts roulants de 30 tonnes et de 25^m de portée qui ont servi au montage de toutes les machines que nous avons rencontrées. L'équipement électrique de ces trois ponts a été fait respectivement par la Compagnie internationale, le Titan anversois et Cockerill. Ils sont tous trois remarquables par leur légèreté et par la perfection de leur fonctionnement.

Une innovation digne de remarque a été apportée dans le pont roulant de la Compagnie Internationale : la translation se fait au moyen de deux moteurs attaquant chaque caisson, mais, contrairement à la tradition, ces deux moteurs ne sont pas réunis par l'arbre de transmission.

Voici terminée cette première visite dans la partie de la Section belge réservée aux machines en mouvement; nous compléterons prochainement l'examen de cette section en jetant un coup d'œil dans les stands des principales maisons d'électricité. L. L'Hoest.

Congrès international de Radiologie et d'Ionisation.

Malgré le but très spécial de ses travaux, ce Congrès, qui a eu lieu à Liége les 12, 13 et 14 septembre, est parvenu à rassembler tout près de trois cents adhérents: c'est à notre avis un beau succès; car, s'il était escompté par les organisateurs, beaucoup des adhérents craignaient que, malgré l'importance acquise dans ces derniers temps par la radiologie et l'ionisation, le nombre des physiciens s'intéressant à ces sciences ne fût très restreint. Cette crainte ne paraît plus justifiée aujourd'hui, puisque environ la moitié des membres inscrits sont venus assister aux séances. Peut-être l'attrait de l'Exposition de Liége, fort réussie comme on sait, a-t-il entraîné quelques adhérents pour lesquels les ions n'avaient qu'un intérêt relatif; mais, cette hypothèse serait-elle exacte, que les organisateurs auraient encore lieu de se réjouir, car le but général d'un congrès, quelles que soient les questions spéciales dont il s'occupe, n'est-il pas de grouper les personnes s'occupant d'une même science et de leur fournir l'occasion de se connaître mutuellement?

Au point de vue de l'internationalisme, le Congrès ne laissait d'ailleurs rien à désirer. Quinze gouvernements de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique s'étaient fait représenter; les États-Unis, avec leur coutume de faire tout en grand, avaient nommé six délégués; la France, quatre (les professeurs Bouchard, Becquerel, d'Arsonval, Bergonié); la Belgique, l'Italie, le Luxembourg, deux délégués; les autres pays, Espagne, Suède, Hollande, Roumanie, Serbie, Turquie, Guatémala, République Argentine, Chine, Mexique, Perse et Bolivie, chacun un délégué.

La plupart de ces délégués assistèrent aux séances du Congrès et prirent part aux discussions. Beaucoup de savants étrangers vinrent également. Quant aux Français, selon leur blâmable habitude dans les congrès scientifiques, ils étaient fort peu nombreux, une quinzaine environ; et à ce propos il est curieux de constater que sur les vingt-sept membres du Comité français institué le 4 avril 1905 pour l'organisation du Congrès, il n'y en a qu'une dizaine inscrits comme membres adhérents et que quatre seulement d'entre eux sont venus à Liége se rendre compte du résultat des efforts de ce Comité.

Les communications furent très nombreuses. Dans



la section de Physique seule, il n'y avait pas moins de quarante-quatre communications annoncées au moment de l'ouverture du Congrès et il était à craindre que, malgré une prolongation inusitée de la durée des séances, le Congrès ne pût terminer ses travaux en temps opportun. Les efforts, souvent stériles il est vrai, du Président du Congrès, le professeur Bouchard, pour limiter à 10 minutes les durées des communications, et surtout l'absence de quelques auteurs, permirent heureusement d'en finir dans les cinq séances prévues au programme. Quoi qu'il en soit, le nombre des communications présentées, dont quelques-unes d'un très réel intérêt, fût considérable et la seule énumération de leurs titres nous entraînerait trop loin. Bornons-nous à signaler la conférence que fit M. Becquerel, à la séance d'ouverture du Congrès, sur l'Analyse des radiations du radium, et où le conférencier, après avoir présenté d'une manière très claire les diverses propriétés distinctives des rayons α, β et γ, fit part des résultats de quelques expériences faites tout récemment par lui.

Nous ne saurions cependant non plus passer sous silence une fort intéressante causerie faite par le professeur Éric Gérard, à l'issue du Congrès, dans l'amphithéâtre de l'Institut électrotechnique Montefiore où eut lieu la séance de clôture. Après avoir expliqué le but de cet Institut et montré, à l'aide de projections, les moyens dont il dispose pour l'atteindre, M. Érie Gérard fit, en quelques minutes, une revue, accompagnée d'expériences, des dernières nouveautés de l'électrotechnique : lampes au tantale, à l'osmium, au zircone, lampes à vapeur de mercure, inscription des courants alternatifs par l'ondographe Hospitalier et par l'oscillographe Blondel, synthonisation dans la transmission par ondes hertziennes, nouveautés encore inconnues de congressistes ne s'occupant pas spécialement de l'électricité. A la suite de cette causerie eut lieu la visite complète de l'Institut, puis une réception intime au cercle de l'Association des anciens élèves de l'Institut.

Le Congrès fut suivi d'une excursion à Ostende où les congressistes prirent congé de M. Daniel, secrétaire général du Congrès, qu'on ne saurait trop louer pour la part très active qu'il a prise dans la formation et l'organisation du Congrès.

Pendant cette excursion les congressistes eurent l'occasion de visiter, à Bruxelles, les Instituts nouvellement construits au parc Léopold par M. Solway. Cette visite, aussi bien d'ailleurs que celle de l'Institut électrotechnique Montefiore, de Liège, laissa aux congressistes français et étrangers une impression que nous croyons devoir signaler, car elle est tout à l'honneur de nos voisins belges : c'est que tous ces Instituts sont non seulement très confortablement et très luxueusement aménagés, mais encore très minutieusement entretenus. Certes nous possédons en France des établissements scientifiques et techniques qui les égalent et même les dépassent comme confort et comme luxe; mais, bien que datant de quelques années à peine, beaucoup de ces magifiques établissements ont déjà, à l'intérieur, un aspect lamentable par suite des dégradations des élèves ou étudiants et l'insouciance du personnel chargé de leur entretien : les murs sont couverts d'éraflures, les boiseries détériorées par des incriptions gravées en creux où s'accumule la poussière. Dans les Instituts visités, rien de semblable : tout est verni, ciré, frotté et les étudiants non seulement respectent les murs et les tables, mais poussent le désir du confort jusqu'à payer de leurs deniers la décoration artistique de leurs salles de cours. Pourquoi n'en serait-il pas de même en France? Dès que les usines sont rendues propres, hygiéniques et coquettes par l'introduction de l'éclairage et des moteurs électriques, les ouvriers ont généralement à cœur de les maintenir en cet état; les professeurs et administrateurs des établissements scolaires ne peuvent donc désespérer d'obtenir dans leurs salles de cours et de travaux, avec quelque surveillance et peut-être une meilleure appropriation des crédits d'entretien, des résultats aussi satisfaisants que ceux que nous avons constatés en Belgique. J. B.

La traction électrique au Congrès international électrique de Saint-Louis.

Sous ce titre nous donnions, dans le numéro de cette *Revue* du 15 octobre 1904 (p. 223), un commentaire de trois des Communications faites à ce Congrès par MM. Niethammer, Arnold et Stilwell; dans ce même numéro nous publiions les analyses de ces communications et de celles de M. Sprague et M. Lincoln (*voir* t. II, p. 208 à 212). Une analyse d'un Mémoire de M. C.-P. Steinmetz a été publiée un peu plus tard (t. III, p. 179, 30 mars 1905); enfin dans le numéro du 30 juin 1905 était donné (t. III, p. 371) un résumé d'une Note présentée par M. Steinmetz dans la discussion d'un rapport de M. J. Arnold sur l'*Électrification des chemins de fer à vapeur*.

La publication récente des *Transactions of the Congress* nous permet de compléter aujourd'hui l'analyse des communications présentées à la section F (Electric transportation) du Congrès. Ces communications, au nombre de 16, n'occupent pas moins de 388 pages. On trouvera dans ce numéro les résumés de celles de M. Latour (p. 170), de M. Entz (p. 171) de M. Dawson (p. 185) et de M. Behr (p. 186). Nous ne ferons que mentionner le rapport de M. Arnold signalé plus haut ainsi que les communications de M. G. Rasch sur l'emploi des survolteurs dans les services de traction, et de M. R.-A. Parke sur le *Freinage des trains de grande vitesse*, qui ne contiennent guère que des généralités devant servir de bases aux discussions. Nous n'analyserons pas non plus trois communications : de M. Max Dery sur les *Moteurs à courant monophasé*, de M. O. S. Bragstad, sur le *Moteur à répulsion*, enfin de M. E. Danielson sur le *Moteur compensé à répulsion :* ces communications sont en majeure partie constituées par des calculs qu'il est impossible de résumer et les considérations générales quelles renferment se retrouvent dans l'étude d'ensemble récemment publiée dans cette *Revue* (t. IV, p. 5 et 41) par M. Maurice Leblanc sur les moteurs à courant monophasé.

Tome IV. **N° 43. — 15 octobre 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

SUR LES MESURES MAGNÉTIQUES.

(TRAVAUX RÉCENTS.)

Les études sur les propriétés magnétiques du fer et de ses alliages augmentent constamment et apportent un peu de lumière dans des questions dont la complexité est bien faite pour effrayer ceux qui ont, indépendamment de toute théorie, à faire usage de ces matériaux. A l'exception du Mémoire de M. Gumlich, qui est relatif aux propriétés magnétiques des alliages de Heusler, les questions dont nous aurons à nous occuper sont toutes relatives aux mesures magnétiques; le Mémoire de M. Searle apporte sur ce sujet des résultats très intéressants et celui de MM. Gumlich et Rose donne des indications utiles sur trois appareils employés en Allemagne. Nous allons analyser d'abord ces trois Mémoires et nous ajouterons ensuite quelques conclusions qui découlent de ceux-ci et d'autres observations.

I. Les expériences de M. E. GUMLICH [1] ont porté sur deux alliages de Heusler. On sait que M. Heusler a trouvé que certains alliages, ne contenant pas de fer, formés par la réunion du manganèse et de l'aluminium au cuivre, possédaient des propriétés magnétiques très marquées. Les propriétés magnétiques de ces alliages croissent plus vite que la teneur en manganèse et aluminium, malheureusement les alliages à pourcentage élevé ne se laissent pas travailler et 24 pour 100 de manganèse est la limite supérieure atteinte actuellement. L'aluminium peut être remplacé par du zinc, de l'arsenic, de l'antimoine ou du bismuth, mais l'action de ces métaux est moindre. Un peu de plomb ajouté au manganèse et à l'aluminium augmente le phénomène. MM. Heusler, Starck et Haupt ont montré que l'échauffement au-dessus de 110° élève les propriétés magnétiques.

Les recherches de M. Gumlich ont porté sur deux échantillons fournis par M. Heusler; leur composition était la suivante :

	Cuivre.	Manganèse.	Aluminium.	Plomb.
Alliage I....	61,5	23,5	15	0,1
Alliage II...	67,7	20,5	10,7	1,2

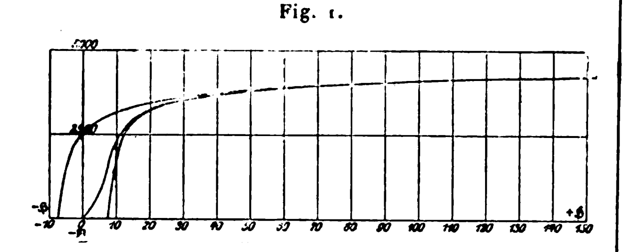
[1] *Versuche mit Heuslerschen ferromagnetischen Mangan-Aluminium-Kupfer Legierungen*, par E. GUMLICH. Communication du Reichanstalt. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 2 mars 1905, p. 203).

Il y avait dans les deux alliages des traces de fer et de silicium. Ces échantillons ont été tournés en baguettes de 18^{cm} de longueur et de $0^{cm},6$ de diamètre. L'échantillon I était très cassant et très difficile à travailler.

La courbe complète de l'induction en fonction du champ magnétisant a été déterminée par la méthode du joug, en accouplant le barreau étudié avec un barreau semblable en fer fondu recuit. Afin de corriger la courbe de la déformation produite par le barreau de fer, une expérience au magnétomètre a donné, pour chacun des alliages, la valeur de la force coercitive et celle-ci a été comparée à la valeur du champ qui annulait l'induction dans la méthode du joug.

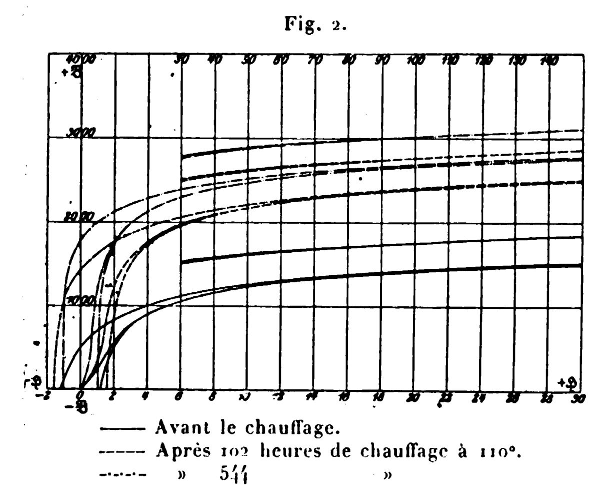
Les figures 1 et 2 donnent, à des échelles différentes, la courbe de $\mathcal{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$ pour les

Fig. 1.



deux échantillons, avant tout chauffage. On voit que l'alliage I présente une induction plus élevée

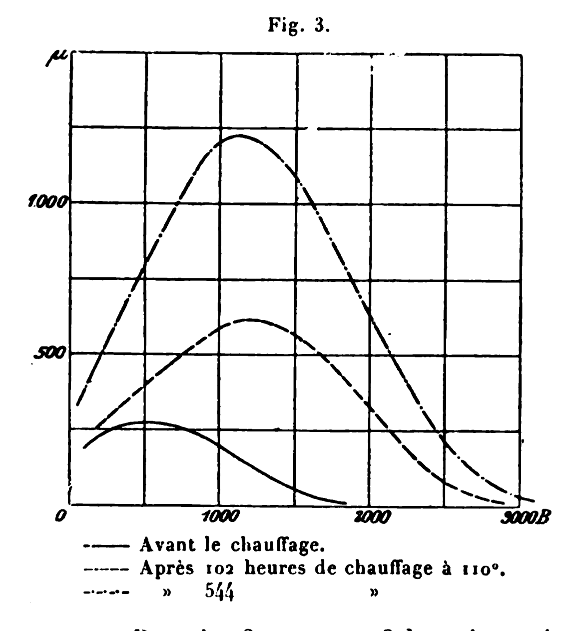
Fig. 2.



et une force coercitive plus grande que le second dans lequel la teneur en manganèse et aluminium est moindre.

Le chauffage a eu peu d'action sur l'échantillon I, mais beaucoup sur l'échantillon II, comme il est facile de le voir sur les courbes des figures 2, 3 et 4. Après divers essais, l'alliage II fut chauffé dans un four électrique à température constante (110°) et mesuré après 102 et 544 heures; au bout de ce temps il accusait encore des variations im-

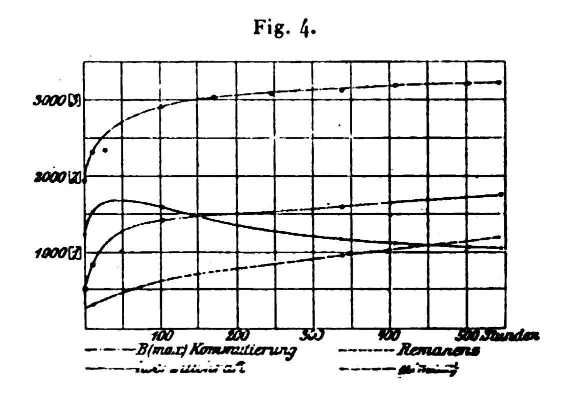
Fig. 3.



portantes. Dans les figures 2 et 3 le trait continu se rapporte à l'essai avant chauffage; le trait interrompu, à celui après 102 heures et enfin la courbe formée de traits et de points à l'essai après 544 heures.

La figure 4 donne, en fonction de la durée du

Fig. 4.



chauffage, la valeur de $\mathcal{B}$ maximum mesurée par renversement du champ (courbe, traits et points); la force coercitive (trait continu); la rémanence (courbe pointillée) et la perméabilité maximum (trait interrompu).

Comme Gumlich et Schmidt l'avaient déjà constaté pour le fer et l'acier, l'alliage II donne une relation simple entre la force coercitive C, la

rémanence R et la perméabilité μ

$$\mu = a \frac{R}{C};$$

a est une constante qui atteint, pour l'alliage II, 0,67, tandis qu'elle était 0,5 pour le fer.

Le champ qui donne la perméabilité maximum est donné par la relation.

$$\mathcal{H} = 1,2C;$$

dans des expériences antérieures sur l'acier fondu l'auteur avait trouvé $\mathcal{H} = 1,3$ C.

Le coefficient de Steinmetz n'est pas une constante pour les basses inductions, néanmoins l'auteur l'a calculé; il a trouvé, après 134 heures de chauffage à 110°, les valeurs suivantes du coefficient η :

$\mathcal{B}$	η
3110,	0,0036,
1960,	47,
890,	49.

Ces valeurs de η sont intermédiaires entre celles trouvées pour l'acier fondu et la fonte de fer; pour l'alliage I, η est toujours voisin du chiffre qui correspond à la fonte de fer.

L'alliage II n'a montré, au cours du chauffage, aucune variation de longueur ni de poids spécifique, mais sa conductibilité a varié. La résistance, qu'il n'a pas été possible de mesurer au début, après 337 heures de chauffage, était de 0,48 ohm par millimètre carré, tandis qu'à la fin des expériences, elle était tombée à 0,43 ohm.

Fig. 5.

Ces alliages présentent au plus haut point le phénomène du *traînage magnétique*. En faisant les mesures au magnétomètre on constate qu'après la première déviation le déplacement du spot continue et la position stable n'est parfois atteinte qu'après 5 minutes. De ce fait l'incertitude sur la force coercitive atteint 2 à 3 pour cent. De même que le fait a déjà été observé pour le fer, les valeurs des cycles mesurés dépendent de l'intervalle des points observés. La figure 5 met ce fait en évidence; les deux courbes sont tracées avec le même nombre de points, mais dans l'une il y a plus d'étapes dans la branche ascendante, et, dans l'autre, dans la branche descendante; la différence sur le maximum de $\mathcal{B}$ atteint 9 pour 100.

II. M. Searle [1] a étudié l'effet produit par l'histoire magnétique du fer soumis à une aimantation sur ses propriétés actuelles et il montre, par un certain nombre d'exemples, que les traitements magnétiques subis antérieurement par l'échantillon étudié modifient beaucoup les résultats obtenus, tant que l'on opère sur des champs inférieurs à celui qui donne le maximum de perméabilité.

Afin d'opérer dans des conditions bien définies il faut, ou bien prendre le fer vierge de toute aimantation depuis son recuit, ou effacer les traces d'aimantation antérieures. Le premier procédé est le plus rationnel, mais il ne se prête pas à des expériences nombreuses, aussi l'auteur a préféré ramener le fer à un état neutre bien défini en employant une méthode de désaimantation bien constante. Les courbes obtenues avec du fer vierge et du fer désaimanté diffèrent d'ailleurs très peu.

M. Searle a reconnu que, si l'on soumet le fer déjà aimanté à une force magnétisante alternative un peu supérieure à celle pour laquelle il atteint son maximum de perméabilité (force magnétisante critique), et si l'on fait décroître graduellement cette force, toute trace d'aimantation antérieure disparaît, le fer est ramené à l'état neutre. Pratiquement, pour les tôles, il suffit de faire le champ démagnétisant égal à 10 gauss pour être sûr d'obtenir ce résultat, sans s'astreindre à déterminer le maximum de perméabilité.

Le moyen employé par M. Searle dans ses expériences consistait à faire passer dans les bobines magnétisantes un courant alternatif à

[1] *Studies in magnetic testing*, par G.-F.-C. Searle, Cavendish laboratory, lu le 8 décembre 1904 devant l'Institution of Electrical Engineers (*Journal of E. E.*, t. XXXIV, p. 55 à 118).

90 périodes, dont l'intensité maximum correspondait à la force magnétisante critique, et ensuite à diminuer graduellement ce courant à l'aide d'un rhéostat à sulfate de cuivre.

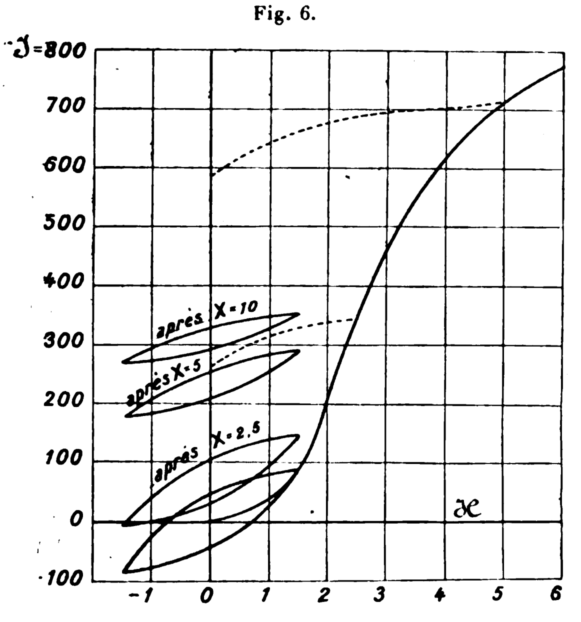
Afin d'éviter le *vieillissement* du fer, les mesures doivent être faites aussitôt après la désaimantation.

Dans tous les essais, le fer était soumis à 100 cycles complets avec le courant étudié, afin d'obtenir un régime bien défini.

L'auteur appelle *induction apparente* $\mathfrak{B}'$ la moitié de la variation totale obtenue quand la force magnétisante passe de $-\mathcal{H}$ à $+\mathcal{H}$ ou inversement et il appelle *perméabilité apparente* μ' le quotient de $\mathfrak{B}'$ par $\mathcal{H}$. L'*induction normale* $\mathfrak{B}_0$ est la valeur que prend $\mathfrak{B}$ lorsque le fer désaimanté est soumis au champ $\mathcal{H}$; les deux valeurs $\mathfrak{B}'$ et $\mathfrak{B}_0$ peuvent différer notablement.

Les expériences ont été faites sur des faisceaux de tôles réunis en carré de façon à former un circuit magnétique fermé, mais, afin de justifier l'emploi de la méthode balistique, M. Searle a fait des expériences préalables au magnétomètre, en opérant sur un fil de fer de $45^{cm},6$ de long et $0^{cm^2},0114$ de section. L'échantillon, placé dans un

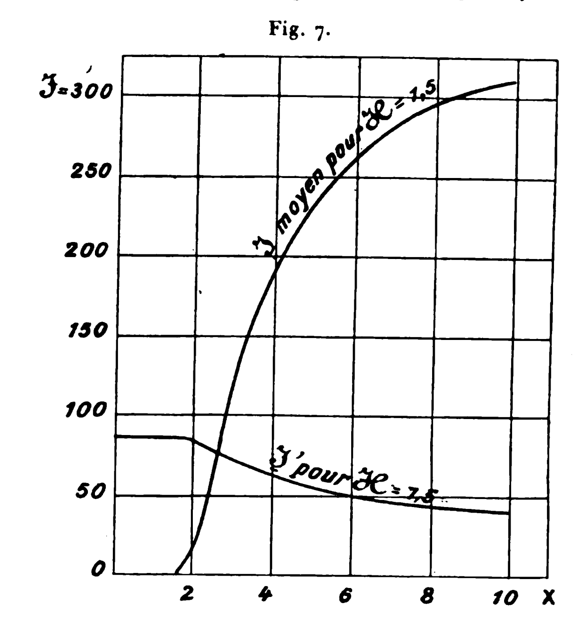
Fig. 6.



solénoïde, était d'abord soigneusement désaimanté avec le courant alternatif, puis étudié dans un cycle correspondant à une force magnétisante de $\pm 1,5$ gauss; la courbe obtenue est symétrique à l'axe de $\mathcal{H}$, elle donne la forme et la grandeur du cycle, les ordonnées étant proportionnelles aux intensités d'aimantation $\mathfrak{J}$ et les abscisses aux forces magnétisantes $\mathcal{H}$ (*fig.* 6). Après cette première mesure, le fil était ramené à l'état neutre, puis soumis à 50 renversements d'un champ X supérieur à 1,5 gauss; ensuite, après suppression du champ X, on étudiait de nouveau le cycle $\pm 1,5$ gauss. Les courbes successives de la figure 6 montrent qu'à la suite de chaque traitement, le fer conservait une aimantation permanente que le champ de 1,5 gauss ne parvenait pas à faire disparaître et, de plus, les boucles, en s'élevant le long de l'axe des $\mathfrak{J}$, diminuaient de surface. Les lignes pointillées de la figure 6 sont les courbes de désaimantation du fil de fer après suppression des champs X = 2,5 et 5 gauss; si on les compare aux boucles correspondantes, on voit que dans celles-ci le fer, sous l'action de 1,5 gauss, est déjà revenu en partie à son état normal.

Le même fil soumis à un grand nombre de valeurs de la force magnétisante X et étudié ensuite dans le champ normal de $\pm 1,5$ gauss, donne les résultats indiqués dans la figure 7. Les

Fig. 7.



courbes représentent l'intensité d'aimantation moyenne $\mathfrak{J}$

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{J}_+ + \mathfrak{J}_-}{2},$$

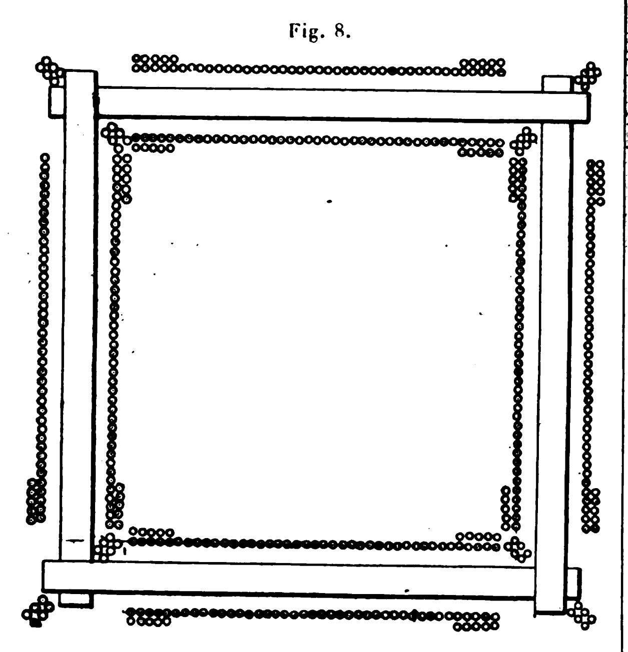
et l'intensité d'aimantation apparente $\mathfrak{J}'$

$$\mathfrak{J}' = \frac{\mathfrak{J}_+ - \mathfrak{J}_-}{2}.$$

Cette figure montre que, pour des champs X inférieurs à 1,5 gauss, l'intensité d'aimantation apparente $\mathfrak{I}'$ reste constante et l'intensité moyenne $\mathfrak{I}$ reste nulle; au contraire, toutes les valeurs supérieures de X laissent leur marque dans le fer; l'histoire magnétique d'un échantillon a donc une très grande importance.

Les expériences préliminaires, faites au magnétomètre, ayant justifié l'intérêt de la question, M. Searle fit, par la méthode balistique, l'étude complète de trois échantillons de tôles, provenant des marques Tagger, Schultz et Sankey. Les tôles étaient coupées en bandes ayant $68^{cm} \times 4^{cm}$; elles étaient réunies de façon à former un carré de $62^{cm},4$ de côté. La figure 8 montre la disposition

Fig. 8.

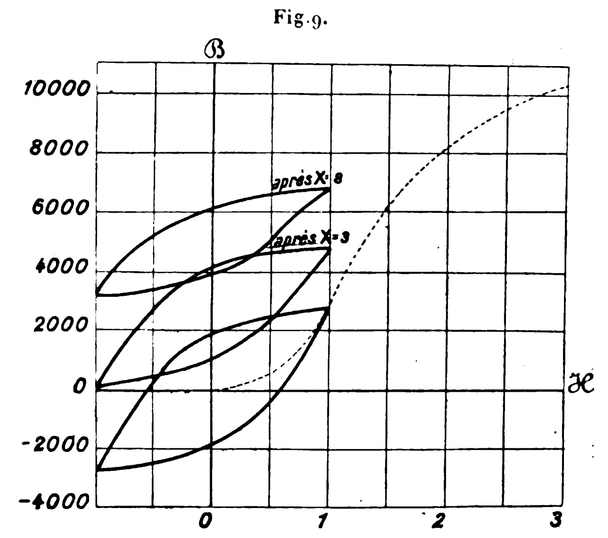


des lames de fer et la coupe des bobines magnétisantes qui les recouvraient; il y avait sur les côtés quatre bobines; des bobines plus larges couvraient les bouts et, pour uniformiser le flux malgré les fuites aux joints, des bobines supplémentaires placées à 45° recouvraient ces joints. Toutes corrections faites, le champ au centre des solénoïdes atteignait 75,15 gauss pour 10 ampères. Des bobines induites étaient placées au milieu de chaque côté et reliées en série avec le galvanomètre balistique. Dans toutes les expériences le carré était placé normalement au champ terrestre pour éviter le trouble dû à ce champ. Enfin, par des expériences préalables on s'était assuré que les tôles placées dans les quatre côtés étaient pratiquement semblables entre elles. Malgré les précautions prises l'induction n'était pas uniforme dans toute la longueur des bandes de fer, il y avait des fuites et le système se comportait comme un barreau droit ayant une longueur égale à 932 fois son diamètre.

Pour comparer la méthode balistique avec celle du magnétomètre et s'assurer que les résultats étaient bien concordants, il fallait déterminer non seulement le cycle complet dans chaque cas, mais aussi la position de ce cycle par rapport à la ligne d'aimantation nulle. L'auteur procédait ainsi : ayant, par exemple, soumis l'échantillon, préalablement désaimanté, à une force magnétisante $X = 8$ gauss, il rompait le courant lorsque X était positif et il soumettait ensuite l'échantillon à 200 renversements d'un champ de 1 gauss, il terminait en passant de $+1$ gauss à 0. En appliquant alors une force magnétisante légèrement supérieure à X, 8,05 par exemple, on passait du zéro de la boucle descendante du cycle ± 1 gauss à $+8,05$; soit $+7750$ la valeur mesurée pour la variation de $\mathfrak{B}$. Le renversement de $+8,05$ à $-8,05$ donnant en moyenne 27800, le champ 8,05 correspondait à une induction normale de 13900 et, comme l'expérience précédente avait donné 7750, le point du cycle ± 1 gauss qui correspondait à $\mathcal{H} = 0$ avait pour valeur

$$\mathfrak{B}_0 = 13900 - 7750 = 6150;$$

Fig. 9.



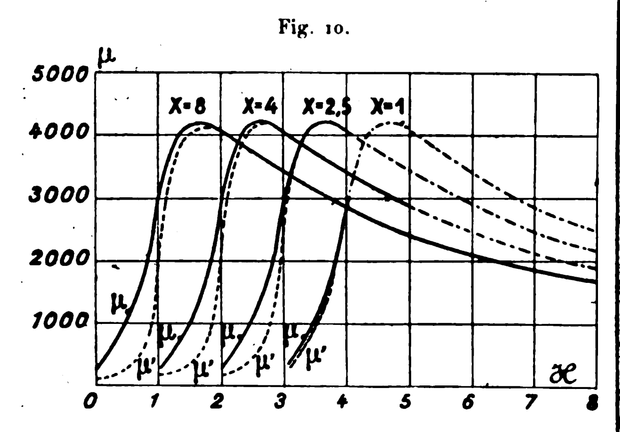
partant de ce point il était facile de tracer le cycle à sa position véritable. La figure 9 montre les

7.

courbes relatives à un échantillon de la marque Tagger; en rapprochant ces courbes de celles de la figure 6, on voit que la méthode balistique donne des résultats identiques à ceux de la méthode du magnétomètre. Ce point établi, l'auteur, dans la suite, ne s'occupe plus de la surface du cycle, mais il détermine seulement l'induction et la perméabilité apparentes.

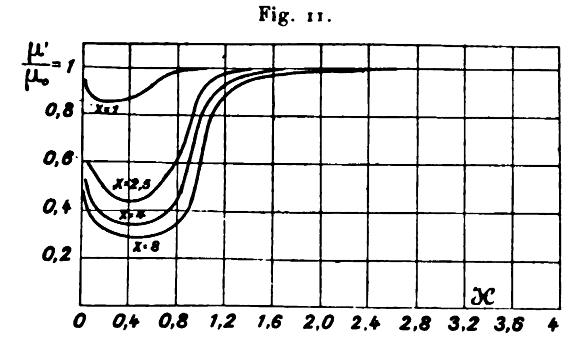
Dans la figure 10 sont portées les valeurs de la

Fig. 10.



perméabilité normale μ_0 et de la perméabilité apparente μ' en fonction de $\mathcal{H}$, après que le fer a subi l'action de diverses forces X. (Pour la clarté du dessin, les courbes successives ont été déplacées chacune d'une unité sur la précédente.) On voit qu'à partir de $\mathcal{H} = 1,6$, valeur pour laquelle μ_0 atteint son maximum, les courbes μ_0 et μ' se superposent.

Fig. 11.

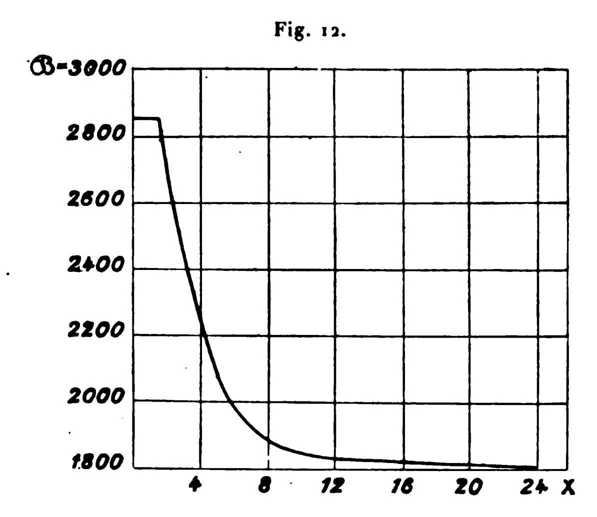


Dans la figure 11 sont portés les rapports $\frac{\mu'}{\mu_0}$ en fonction de $\mathcal{H}$ pour le même échantillon; ces courbes montrent mieux que les précédentes l'effet de l'hystérésis magnétique tant que le cycle étudié ne dépasse pas la force magnétisante critique.

La figure 12 montre comment varie l'induction apparente $\mathcal{B}'$ pour le cycle $\pm$ 1 gauss, lorsque la valeur de X augmente. Jusqu'à $X = 1,5$ gauss, $\mathcal{B}'$ reste constant et égal à $\mathcal{B}_0$, soit environ 2820; ensuite $\mathcal{B}'$ tend vers une limite inférieure, il atteint 1812 pour $X = 2$.

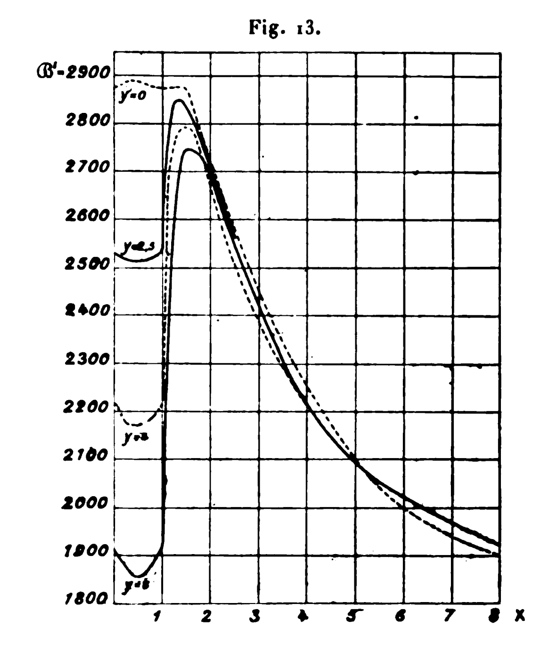
La figure 13 montre un autre effet intéressant: si on soumet un échantillon de fer à 50 renverse-

Fig. 12.



ments d'un champ Y, et ensuite à 50 renversements d'un autre champ X, après quoi on étudie

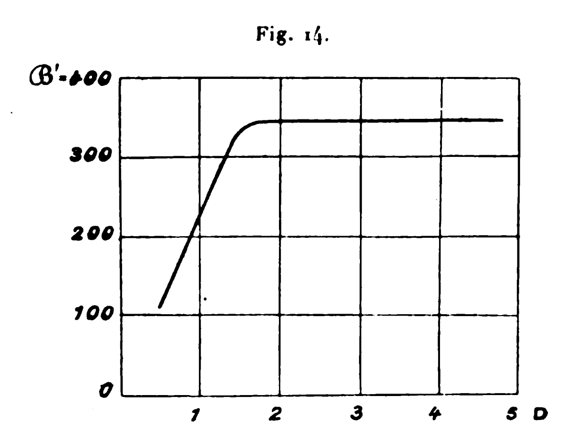
Fig. 13.



encore le cycle $\pm$1 gauss, on voit que les courbes sont à peu près identiques dès que X dépasse 2 gauss; il semble donc que 50 renversements d'un champ X égal à 2 rétablissent l'état magnétique troublé par 50 renversements d'un champ

Y compris entre o et 8, mais le retour à l'état bien défini n'est complet que si, partant d'une valeur de X supérieure à la force critique, on opère à l'aide d'alternances décroissantes. Ceci est encore mieux prouvé par la figure 14, dans laquelle sont portées les inductions apparentes $\mathcal{B}'$

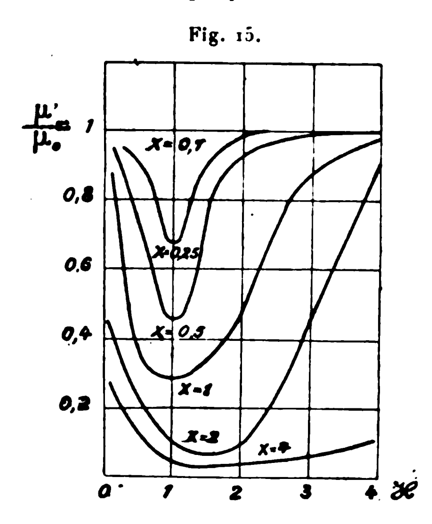
Fig. 14.



en fonction de la force démagnétisante initiale D; celle-ci était fournie par du courant alternatif décroissant à partir de la valeur D portée en abscisses. L'échantillon essayé avait été soumis à une force $X = 8$ gauss et l'on voit que jusqu'à $D = 0,5$ l'effet démagnétisant est nul; il croît de 0,5 à 1,6 et, à partir de là, il est inutile d'augmenter la force D, on a atteint la valeur critique.

Lorsque le fer essayé est soumis à un champ constant X, si l'on superpose à celui-ci un autre

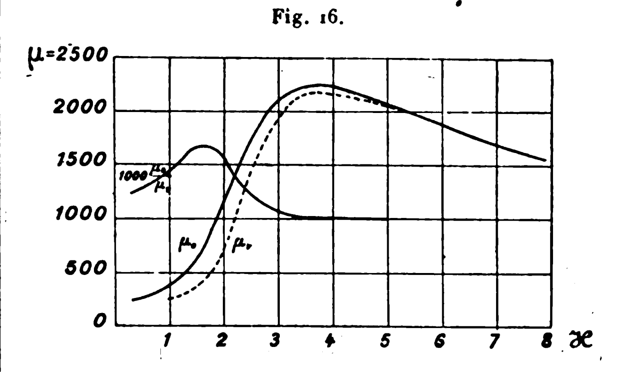
Fig. 15.



champ $\mathcal{H}$ qui s'ajoute ou se retranche, on obtient un cycle qui correspond aux limites $X + \mathcal{H}$ et $X - \mathcal{H}$. La perméabilité apparente μ', observée dans ces conditions, diffère de la perméabilité normale μ_0 obtenue pour le cycle $\pm \mathcal{H}$ et la différence est d'autant plus marquée que X est plus grand; c'est ce que montre la figure 15 où les rapports $\frac{\mu'}{\mu_0}$ sont portés en ordonnées et les $\mathcal{H}$ en abscisses.

Il est intéressant d'étudier le fer vierge, c'est-à-dire n'ayant pas été, depuis son recuit, soumis à des forces magnétisantes supérieures au champ terrestre. Pour les faibles valeurs de $\mathcal{H}$, la perméabilité μ_ν du fer vierge est toujours inférieure à la perméabilité normale μ_0 obtenue sur le fer désaimanté. La figure 16 donne pour un échantillon de

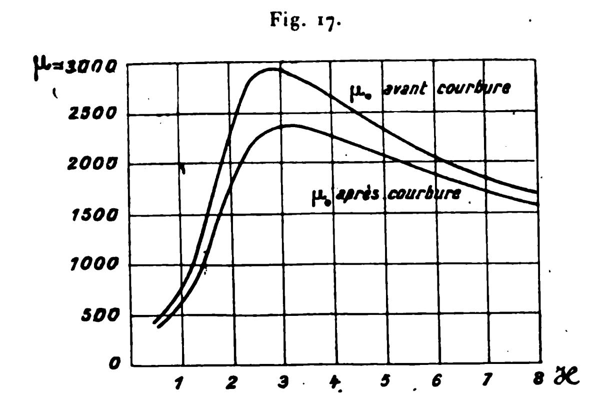
Fig. 16.



fer, de la marque Schultz, les valeurs de μ_0 et μ_ν en fonction de $\mathcal{H}$, ainsi que leur rapport; il faut atteindre $\mathcal{H} = 5,5$ gauss pour que μ_0 coïncide avec μ_ν, or la valeur critique de désaimantation est seulement 3,6.

Afin de mettre en évidence l'effet des actions mécaniques sur les propriétés magnétiques, M. Searle prend des lames de fer et mesure leur

Fig. 17.

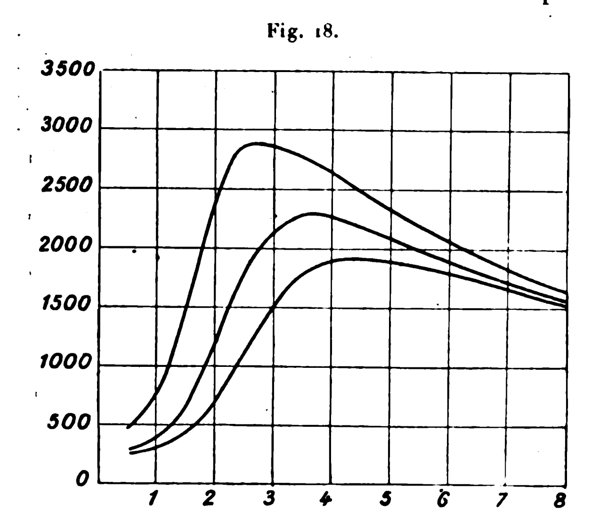


induction normale aussitôt après découpage, puis ensuite il les courbe, les redresse et les mesure

de nouveau. On voit sur la figure 17 que l'écrouissage résultant de cette courbure a une action très marquée sur la perméabilité normale.

Enfin nous prendrons encore dans ce travail la figure 18 qui montre les différences de la perméabilité normale entre les diverses bandes découpées

Fig. 18.



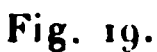
dans une même feuille de tôle [1]; l'auteur en tire cette conclusion, déjà obtenue par beaucoup d'autres, que l'essai du fer sur un seul échantillon de faible dimension est absolument illusoire.

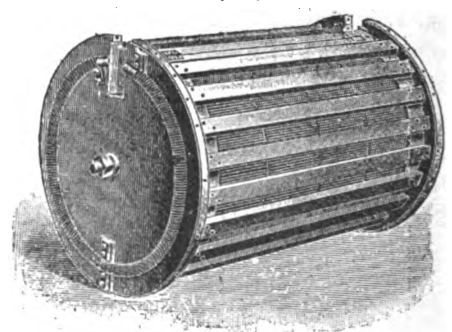
Nous n'avons reproduit ici qu'une partie des courbes du Mémoire de M. Searle, mais il faut insister sur ce point que les mêmes essais, faits avec les différents échantillons, conduisent tous aux résultats énoncés ci-dessus. Les figures 9 à 15 sont relatives au fer de la marque Tagger et les figures 16 à 18 à la marque Schultz.

III. MM. Gumlich et Rose [2] ont, au laboratoire physico-technique de Charlottenbourg, comparé trois appareils destinés à l'essai des tôles et ils donnent des résultats détaillés de leurs comparaisons. Les appareils étudiés sont ceux de MM. Möllinger, Richter et Epstein; il n'est pas inutile de rappeler la disposition de ces trois instruments.

L'appareil d'Epstein se compose de 4 bobines ayant chacune 150 tours de fil et une longueur de 40^{cm}; ces bobines sont disposées sur les côtés d'un carré. La tôle essayée, coupée en bandes de 3×50^{cm}, forme 4 paquets représentant un poids total de 10^{kg} environ. Les bandes sont ébarbées et enveloppées de papier pour les isoler les unes des autres. Chaque paquet est placé dans une des bobines et amené près des paquets voisins, mais sans qu'il y ait contact magnétique, grâce à des morceaux de carton isolant placés dans les joints. Des coins en bois permettent de serrer les joints. L'expérience montre que, pour des valeurs de $\mathfrak{B}$ supérieures à 10000 gauss, la réluctance des joints n'introduit pas d'erreur dans les résultats. La température des tôles est mesurée au moyen d'un thermomètre au toluène dont le réservoir a une forme très plate; on n'emploie pas de thermomètre à mercure à cause des courants de Foucault qui pourraient s'y développer.

L'appareil de Richter est disposé pour étudier l'hystérésis dans des feuilles de tôle entières, ayant $100^{cm} \times 200^{cm}$; c'est un tambour en bois recouvert de 120 spires de gros fil de cuivre (*fig.* 19).


Fig. 19.



Les spires sont longues et étroites et disposées parallèlement aux génératrices du tambour; leur ensemble forme un solénoïde annulaire dans lequel on glisse les feuilles de tôle à essayer. Le diamètre du tambour est tel que les extrémités de chaque feuille se recouvrent; on met généralement 4 feuilles dans l'appareil et on les introduit soit ensemble, soit successivement; une barre de serrage assure le joint. L'isolement des feuilles entre elles est obtenu au moyen de manchettes en papier placées sur les bords; les feuilles sont, en outre, entièrement recouvertes de papier; l'isolement est très important afin d'éviter les courants de Foucault. La température est mesurée comme dans l'appareil précédent, au moyen d'un thermomètre au toluène. Les spires magnétiques ayant

---

[1] Les ordonnées représentent les perméabilités et les abscisses les champs $\mathcal{H}$.

[2] E. Gumlich et P. Rose, *Vergleichende magnetische Untersuchungen mit den Eisenprüfapparaten von Espstein, Möllinger und Richter* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, 27 avril 1905, p. 403-410).

une surface bien supérieure à la section des tôles, il est nécessaire d'appliquer une correction.

Dans l'appareil de Möllinger les tôles essayées sont découpées sous forme d'anneaux et l'on en prend un nombre suffisant pour obtenir un poids de 10^{kg} environ. La bobine magnétisante est un solénoïde annulaire formé par 100 spires de gros fil, chaque spire étant composée d'une partie fixe et d'un fil souple terminé par une fiche analogue à celles des boîtes de résistances; les anneaux de fer étant mis en place, il suffit de placer les fiches des fils souples dans des trous disposés à cet effet pour fermer les spires; afin de faciliter la manœuvre, les fiches sont réunies par groupes de 10 dans une pièce de fibre, de sorte que le placement de ces 10 fiches se fait d'un seul coup et l'on assure le bon contact en frappant un coup sec sur les têtes.

Dans l'appareil normal de Möllinger les anneaux de tôle ont un diamètre intérieur de $21^{cm},9$ et extérieurement $32^{cm},3$; dans le modèle construit pour le Reichanstalt, les diamètres sont respectivement 24^{cm} et 34^{cm}. Pour assurer le centrage parfait des anneaux, ceux-ci sont percés de 3 trous et la base de l'appareil est munie de 3 tiges. L'isolement des tôles est obtenu au moyen d'anneaux de papier intercalés entre chaque feuille et débordant de 5^{mm} de chaque côté. Enfin, la température est mesurée au moyen d'un couple cuivre-constantan isolé dans la masse par du papier paraffiné. Pour pouvoir se rendre compte de l'effet causé par l'inégale répartition du flux dans les différentes zones des anneaux de l'appareil de Möllinger, MM. Gumlich et Rose ont construit un troisième anneau ayant 39^{cm} de diamètre moyen et une largeur de 5^{cm}; ce dernier était recouvert d'un enroulement continu. Cette inégalité de distribution du flux joue un rôle difficilement calculable mais certainement important; les auteurs ont déduit de la courbe d'aimantation du fer étudié que pour une induction moyenne de 10000 gauss on devait avoir 10630 à l'intérieur et 9350 à l'extérieur, pour le premier anneau, 10700 et 9300 pour le second.

Le Mémoire de MM. Gumlich et Rose donne les formules de correction pour tenir compte de la dépense propre et des différences de phase dans les voltmètres, ampèremètres et wattmètres ainsi que dans les bobines magnétisantes.

Toutes corrections faites on a, entre la tension E aux bornes des bobines magnétisantes et l'induction maximum $\mathfrak{B}$, la relation

$$\mathfrak{B} = \frac{10^8}{4qn\alpha}\,\frac{E}{p} = C\frac{E}{p},$$

en appelant q la section du fer, calculée d'après le poids total et la densité; p la fréquence; n le nombre de tours total des bobines magnétisantes et α le *facteur de forme* déterminé soit avec l'appareil de Franke, soit par la méthode de Rose et Kuhns.

La perte en ergs par centimètre cube est donnée par

$$W_E = \eta p \mathfrak{B}^{1,6} + fp^2\mathfrak{B}^2,$$

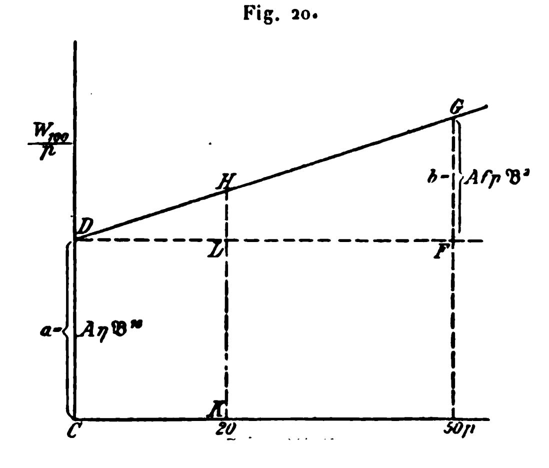
η étant le coefficient de Steinmetz et f un coefficient relatif aux courants de Foucault. Si l'on divise par la fréquence p et si l'on ramène à la perte en joules par 100^{kg} de fer, on a

$$\frac{W_{100}}{p} = A(\eta\mathfrak{B}^{1,6} + fp\mathfrak{B}^2),$$

c'est l'équation d'une ligne droite; A est un facteur numérique.

La figure 20 montre comment on peut calculer

Fig. 20.



la valeur des différents coefficients en faisant des expériences à des fréquences variées. Les mesures doivent être faites pour des valeurs constantes de $\mathfrak{B}$ et de la température; en réalité la température varie pendant les expériences, par suite la conductibilité change et le coefficient f aussi; $\mathfrak{B}$ varie à cause des inégalités de vitesse de l'alternateur et de la correction de la tension. En pratique on obtient une ligne légèrement concave et il faut réduire les résultats à la valeur normale

$\mathcal{B} = 10000$ et à la température de 30° ; on y arrive de la manière suivante :

Une première approximation est obtenue en prolongeant la ligne qui joint les points observés jusqu'à l'axe des y ; la ligne CD (*fig.* 20) donne une valeur approchée de $A\eta\mathcal{B}_1^{1,6}$ et FG donne $Afp\mathcal{B}_1^2$. Pour avoir les valeurs exactes qui correspondent à $\mathcal{B} = 10000 = \mathcal{B}_1 \pm \delta$, on calcule la perte réelle

$$W = A[\eta(\mathcal{B}_1 \pm \delta)^{1,6} + fp(\mathcal{B}_1 \pm \delta)^2].$$

Lorsque δ est plus petit que 1 pour 100, on peut écrire

$$W = W_1 \pm 1,6\frac{\delta}{\mathcal{B}_1}A\eta\,\mathcal{B}_1^{1,6} \pm 2\frac{\delta}{\mathcal{B}_1}Afp\,\mathcal{B}_1^2.$$

Pour ramener à 30° il faut connaître le coefficient de variation de la conductibilité avec la température. Pour les tôles ordinaires, ce coefficient est voisin de 0,45 pour 100 par degré, la valeur vraie de $Afp\mathcal{B}_1^2$ ramenée à 30° est donc

$$[1 - 0,0045(t - 30)]\,Afp\,\mathcal{B}_1^2.$$

Certaines tôles, telles que celles fournies par Capito et Klein de Benrath-sur-Rhin, ont un coefficient qui descend jusqu'à 0,16 pour 100 et même 0,08 ; en outre, elles ont une résistance spécifique quatre fois plus élevée que celle des tôles ordinaires, de sorte qu'on peut négliger la correction de température.

MM. Gumlich et Rose donnent des exemples des corrections effectuées ; du Tableau qu'ils publient nous tirerons les indications suivantes. Sur le voltmètre et l'ampèremètre les corrections pour différences de phase, défaut de proportionnalité d'échelle, etc., atteignaient environ 3 pour 100 par appareil. La dépense propre du wattmètre et les différentes causes ci-dessus nécessitaient une correction de 13 pour 100. La valeur de $\mathcal{B}$ mesurée étant de 9987, il en résultait pour l'hystérésis une correction positive de 0,21 pour 100 et une de 0,26 pour 100 pour les courants de Foucault ; la correction de température était négative et égale à 2,25 pour 100.

Parmi les causes d'erreur propres à chacun des trois appareils étudiés, il faut signaler d'abord la valeur de $\cos\varphi$ dans la bobine magnétisante ; ce facteur atteint 0,2 à 0,3 dans l'appareil d'Epstein ; 0,5 à 0,6 dans celui de Richter, et, enfin, 0,6 à 0,8 dans celui de Möllinger ; il semble donc qu'à ce point de vue l'appareil d'Epstein est le plus défavorable. La dépense propre des bobines magnétisantes atteint 10 pour 100 de l'énergie totale dans l'appareil de Richter, 3 à 4 pour 100 dans celui d'Epstein et 1 à 2 dans celui de Möllinger.

Une erreur sur la mesure de E entraîne une erreur 1,8 fois plus grande sur la valeur de l'énergie dépensée. Le facteur de forme peut amener une erreur de quelques millièmes. Une erreur sur la fréquence p affecte en sens opposés $\mathcal{B}$ et W, de sorte que sur la perte totale l'erreur résultante est assez faible.

En réunissant les diverses causes d'erreur indiquées ci-dessus, on voit que l'indétermination sur le facteur $\frac{W_{100}}{p}$, pour 50 périodes, peut atteindre de 1 à 2 pour 100 si les observations ont porté seulement de 20 à 50 périodes, le terme correspondant à l'hystérésis, obtenu par le prolongement de la ligne jusqu'à l'axe des y, peut être affecté d'une erreur de 6 pour 100, et le terme correspondant aux courants de Foucault d'une erreur de 12 pour 100. Pour obtenir une précision plus grande, il faudrait faire des observations nombreuses avec des fréquences variées.

Les deux coefficients caractéristiques η et f se déduisent des valeurs a et b relevées sur le graphique (*fig.* 20), à l'aide des formules suivantes, en tenant compte du poids spécifique s du fer :

$$\eta = \frac{as \times 10^7}{10^5 \times \mathcal{B}^{1,6}} = a\frac{7,77 \times 10^2}{10000^{1,6}},$$

$$f = \frac{bs \times 10^2}{10000^2 p} = b\frac{7,77 \times 10^{-6}}{p}.$$

Il faut tenir compte de ce fait que les pertes par courants de Foucault ne dépendent pas seulement de la valeur maximum de $\mathcal{B}$, mais aussi de la *forme* du courant ; en effet, les forces électromotrices développées dans le fer sont proportionnelles à $\frac{dI}{dt}$, donc, à égalité de $\mathcal{B}$ maximum, on peut obtenir des valeurs différentes de f ; avec les courbes pointues les pertes par courants de Foucault sont plus élevées.

De ce travail se dégagent les conclusions suivantes : l'appareil d'Epstein donne la valeur exacte de la perte totale (hystérésis et courants de Foucault réunis) pour 50 périodes, mais il donne un chiffre de 3 pour 100 trop fort pour η, par suite f doit être corrigé en sens contraire. L'appareil de Richter donne η exact ; mais la perte totale pour 50 périodes est de 3 pour 100



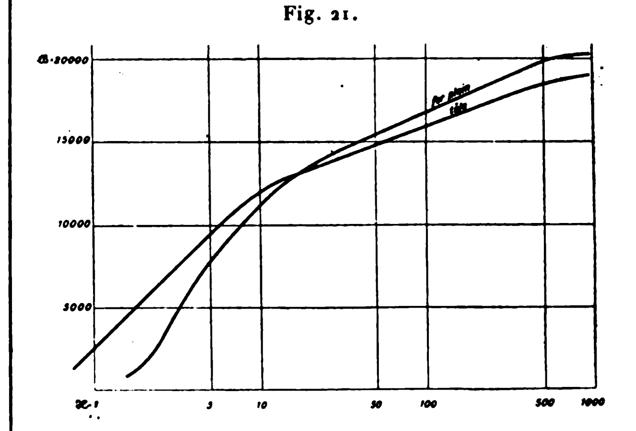
trop forte, il faut encore corriger f. L'appareil de Möllinger donne des résultats directement comparables à ceux de l'anneau enroulé à la manière ordinaire.

Les différences constatées entre ces trois appareils tiennent probablement plus à l'inégalité des matériaux essayés qu'aux instruments eux-mêmes ; ceux-ci employant des échantillons de dimensions très différentes, les défauts d'homogénéité de la matière doivent jouer un rôle considérable.

IV. Depuis longtemps déjà les constructeurs de dynamos réclament un moyen sûr pour déterminer la perméabilité du fer aux inductions très élevées : 20000 gauss et au delà. On a beaucoup discuté pour savoir si réellement ces valeurs élevées doivent être prises en considération; il semblait difficile de trouver, dans l'excitation d'une dynamo, le grand nombre d'ampères-tours nécessaires pour produire ces inductions; les expériences intéressantes de Hele-Shaw, Hay et Powell [1] sont venues apporter une confirmation directe de ces idées; on se rappelle que ces auteurs ont *mesuré* des inductions de 25000 dans la base des dents d'un induit. Il est donc nécessaire d'étudier les fers du commerce à ce point de vue, mais malheureusement cette partie de la courbe du magnétisme est la moins bien connue. Les inductions obtenues avec des forces magnétisantes de 0 à 100 gauss ont été très étudiées et les appareils et les méthodes actuellement en usage permettent la détermination facile de l'induction dans ces limites. D'autre part, quelques physiciens, désireux de fixer les propriétés caractéristiques du fer, ont fait des mesures à la limite extrême, là où l'induction est du même ordre que la force magnétisante, c'est-à-dire lorsque $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$ atteignent et dépassent 30000 gauss. Dans l'intervalle entre 100 gauss et les valeurs maxima, nous ne savons presque rien et c'est généralement cette région qui intéresse les constructeurs.

Comment se comporte le fer dans cet intervalle et comment doit-on représenter les résultats? Nous avons, à l'aide d'une méthode que nous décrirons prochainement, fait des mesures sur deux échantillons, l'un était formé de tôles juxtaposées, l'autre était un barreau de fer plein. Ces deux échantillons ayant été soumis à des champs atteignant jusqu'à 1000 gauss, il ne fallait pas songer à tracer la courbe habituelle $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$, en donnant à $\mathcal{B}$ et à $\mathcal{H}$ des échelles proportionnelles. Tandis que $\mathcal{B}$ varie toujours dans des limites restreintes, la grande étendue des variations de $\mathcal{H}$ oblige à donner au dessin des dimensions considérables et, de plus, dès que $\mathcal{H}$ dépasse 100 gauss, la variation de $\mathcal{B}$ devient si faible qu'elle est inappréciable ; si, au contraire, on réduit l'échelle de $\mathcal{H}$, le début de la courbe disparaît. La solution consiste à donner des valeurs inégales aux différents points de l'échelle et l'on obtient de très bons résultats en portant en abscisses des longueurs proportionnelles aux logarithmes de $\mathcal{H}$. La figure 21 montre le résultat obtenu et fait

Fig. 21.



voir combien les courbes ainsi tracées sont instructives.

Une première remarque s'impose dès que l'on considère ces courbes : dans l'intervalle entre $\mathcal{H} = 50$ et $\mathcal{H} = 500$, la courbe est presque rigoureusement rectiligne, l'induction dans cette région peut donc s'exprimer, à très peu près, par

$$\mathcal{B} = \mathcal{B}_{50} + a(\log \mathcal{H} - \log 50).$$

Si le fait se vérifie sur un grand nombre d'échantillons on aura là une formule d'*interpolation* assez commode et il suffira de déterminer le coefficient a sans s'astreindre à déterminer un très grand nombre de points.

On sait que le fer est dit *saturé* quand l'intensité d'aimantation $\mathcal{I}$ atteint une valeur constante; comme on a

$$\mathcal{B} = \mathcal{H} + 4\pi\mathcal{I},$$

---

(1) *Revue électrique*, t. III, p. 331, 15 juin 1905.

dès que la courbe montre que la quantité $\mathcal{B} - \mathcal{H}$ devient constante, on a atteint la saturation et l'on peut, sans trop d'erreur, *extrapoler* les résultats. En écrivant $\mathcal{B}_1$ et $\mathcal{H}_1$ pour les valeurs qui correspondent à la saturation, une valeur supérieure $\mathcal{B}'$ devra être obtenue pour un champ $\mathcal{H}'$

$$\mathcal{H}' = \mathcal{H}_1 + \mathcal{B}' - \mathcal{B}_1.$$

Si nous considérons les deux échantillons de fer de la figure 21, nous voyons que la saturation est atteinte vers $\mathcal{H}_1 = 500$ pour le fer plein et $\mathcal{H}_1 = 650$ pour la tôle, avec des valeurs de $\mathcal{B}_1 = 19800$ et 18750. Partant de ces données il nous est facile de calculer que l'induction 25000 sera atteinte avec un champ de 5700 gauss pour le fer plein et 6900 pour la tôle. Les fers essayés ici sont des fers moyens du commerce, par conséquent des valeurs moyennes analogues doivent se rencontrer fréquemment en pratique.

En résumé, il semble résulter de ces essais que l'étude d'un échantillon de fer, au point de vue de l'induction seule, doit comporter la détermination, par les moyens ordinaires, de la partie de la courbe comprise entre 0 et 50 ou 100 gauss; puis, entre 50 et 500, il faut déterminer le coefficient a, et, enfin, il faut déterminer le point de saturation. Si les expériences ultérieures confirment ce que nous venons de voir sur ces deux échantillons, les formules d'*interpolation* et d'*extrapolation* ci-dessus donneront une précision suffisante pour la pratique et seront d'un emploi commode.

V. Dès qu'on a atteint les valeurs élevées de $\mathcal{B}$, on sait que l'hystérésis n'intervient plus d'une façon appréciable, la branche supérieure de la courbe peut donc être déterminée avec une assez grande précision. Dans la partie inférieure, au contraire, les expériences de M. Searle nous montrent le rôle de l'histoire magnétique antérieure et nous font voir l'inutilité des mesures soi-disant précises dans un phénomène aussi complexe. On doit d'ailleurs remarquer que la précision des résultats, si elle pouvait être atteinte dans certains cas bien déterminés, serait parfaitement illusoire en pratique, car alors on ne se trouve jamais dans des conditions où l'histoire magnétique du fer est connue.

Le Mémoire de M. Searle nous donne des indications, bonnes à retenir, sur le moyen de ramener le fer sinon à l'état vierge, tout au moins dans un état magnétique bien défini.

Au point de vue des mesures, il faudrait aussi rappeler le travail de M. Jouaust [1] qui donne le moyen d'éliminer les erreurs causées par la viscosité du fer lorsqu'on trace un cycle complet $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$.

On nous permettra d'insister ici sur le peu de commodité des méthodes de mesure de l'hystérésis recommandées en Allemagne; on a vu, par l'analyse du travail de MM. Gumlich et Rose, combien ces mesures exigent de calculs et de corrections, elles ne peuvent donc pas être confiées à des mains inexpérimentées et, si l'on veut les simplifier, elles perdent toute exactitude; on arrive donc à cette conclusion que ces méthodes sont trop compliquées pour l'industrie et pas assez précises pour les laboratoires. Nous répéterons, une fois de plus, que, la précision étant illusoire, à cause des défauts d'homogénéité de la matière, il vaut mieux avoir recours à des appareils plus grossiers, mais plus faciles à manier, qui donnent rapidement des résultats suffisants. Il est bon de dire cependant que la méthode du wattmètre, avec l'un quelconque des trois appareils indiqués plus haut, donne à la fois les pertes par hystérésis et par courant de Foucault; c'est là un avantage réel qui compense un peu la complication des mesures. H. ARMAGNAT.

[1] *Revue électrique*, t. II, p. 126 et 350, 30 août et 15 décembre 1904.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS(¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Application des bobines de réactance à des convertisseurs rotatifs, dans le but d'assurer à ces machines une caractéristique extérieure plongeante, par H. DE WAAL (*Bulletin de l'Association de l'Institut Montefiore,* 3ᵉ série, t. V, p. 209-216).

I. Pour qu'une batterie-tampon fonctionne d'une manière satisfaisante, il est indispensable que les machines avec lesquelles elle est couplée en parallèle possèdent une caractéristique extérieure plongeante. Il s'ensuit que, si les machines sont des convertisseurs rotatifs alimentés à tension alternative constante, on doit recourir, en général, à un artifice pour obtenir l'abaissement de l'extrémité de la courbe qui est, sans cela, pratiquement horizontale.

L'un de ces artifices consiste à choisir judicieusement l'intensité du courant de transmission, de manière à ce que les chutes de tension ohmique et inductive combinées produisent à la sous-station une tension variant en sens inverse de l'intensité du courant d'alimentation. Mais, le plus souvent, ce choix n'a pu être fait.

Un second artifice, généralement employé, consiste dans l'emploi d'un survolteur-dévolteur mis en série avec le convertisseur. Cette solution est tout indiquée dans les sous-stations d'une puissance assez grande pour pouvoir effectuer la charge de la batterie avec tous ses éléments en série. Cette charge exige, en effet, un survolteur, et, la nécessité d'une telle machine admise, son arrangement en survolteur-dévolteur pour produire la caractéristique plongeante n'entraînera pas de frais additionnels importants.

Un troisième artifice, dérivant du premier, consisterait à insérer entre la ligne et les convertisseurs des bobines de réactance, calculées de manière à produire la chute de tension requise pour l'obtention d'une caractéristique plongeante. Cette solution serait particulièrement économique dans les sous-stations de faible importance où, faute d'une puissance suffisante, on est obligé de charger la batterie après l'avoir sectionnée en deux ou trois groupes et où, dès lors, un survolteur n'est pas nécessaire.

En raison de l'intérêt de cette dernière solution, l'auteur examine, dans son Mémoire, quelle doit être la self-inductance des bobines à placer dans une sous-station contenant trois convertisseurs (dont un de réserve) de chacun 90 kilowatts à 500 volts et une batterie tampon capable de donner instantanément 250 ampères ou d'en absorber 150.

Il trouve, par un calcul, résumé dans le paragraphe suivant, que cette self-inductance est de 0,0051 henry et qu'elle abaisse le facteur $\cos\varphi$ à 0,278. Un tel déphasage entre le courant et la tension est évidemment inadmissible; l'emploi de bobines de réactance est donc, malgré les avantages qu'il paraît présenter au premier abord, absolument à rejeter dans les cas analogues à celui considéré dans le Mémoire. Aussi l'auteur conclut-il que « le meilleur arrangement, même pour les sous-stations de puissance modeste, est celui où un survolteur-dévolteur est connecté entre les convertisseurs et la batterie ».

II. Si l'on désigne par e_1 la tension de départ à l'usine génératrice, e_0 la chute de tension ohmique, e_i la chute inductive, on a pour la tension e_2 à l'arrivée dans la sous-station

$$e_2 = e_1 - \sqrt{e_0^2 + e_i^2};$$

d'où

$$de_2 = -d\sqrt{e_0^2 + e_i^2},$$

ou, en introduisant la valeur $i_a r\sqrt{3}$ pour e_0 et $aLi_a\sqrt{3}$ pour e_i, i_a désignant l'intensité du courant alternatif transmis

$$(1) \qquad de_2 = -3\sqrt{3r^2 + 3a^2L^2}\,di_a.$$

Les convertisseurs donnant normalement 180 ampères et la variation admise dans la puissance débitée par eux étant ± 10 pour 100, la variation de l'intensité du courant de chaque machine doit être d'environ 36 ampères. Or, la plus faible charge de la sous-station est 160 ampères, la plus forte 600 ampères; la batterie doit donc absorber dans le premier cas $(180-18)2-160=164$ ampères et débiter dans le second $600-(180+18)2=204$ ampères; d'après la caractéristique de cette batterie, les tensions aux bornes doivent

(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. MARKS and CLERK, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

être, dans ces conditions de charge et de décharge, respectivement 514 et 480 volts. La variation de la tension aux bornes de chaque convertisseur doit être de 514 — 480 = 34 volts. Par suite, on aura, en appelant e_c et i_c la tension et l'intensité du courant continu fourni par les convertisseurs,

$$\frac{de_c}{di_c} = \frac{34}{36} = \frac{17}{18}. \tag{2}$$

Les convertisseurs étant de 90 kilowatts et leur rendement de 0,9, la puissance alternative absorbée par les deux convertisseurs en service est 200 kilowatts; la tension continue étant de 500 volts, la tension alternative est 305 volts; donc chaque machine absorbe 192 ampères en courants triphasés.

Le rendement des transformateurs qui les alimentent étant 0,96, la puissance qu'ils absorbent est de 208 kilowatts; elle leur est fournie sous la tension 3050 volts à la fréquence 25.

La perte de puissance sur la ligne est de 5 pour 100 de la puissance au départ, soit $\frac{208}{0,95} \times \frac{5}{100} = 10,920$ kilowatts, ou 3640 watts par conducteur. Par suite, on a pour la résistance r,

$$r = \frac{3640}{i_a^2 \cos^2\varphi}. \tag{3}$$

D'autre part, on a

$$e_a = 3050 \text{ volts}, \quad e_c = 500, \quad \text{d'où} \quad de_a = 6,1\, de_c;$$

$$i_a = \frac{208\,000}{3050 \times 1,732 \times \cos\varphi}, \quad i_c = 360,$$

d'où

$$di_a = \frac{1}{9,09 \cos\varphi} di_c.$$

Portant ces valeurs dans (1) en tenant compte de (2), on obtient

$$52,37 \cos\varphi = \sqrt{3r^2 + 3a^2L^2}. \tag{4}$$

On a encore

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{2\pi f L}{r},$$

relation qui, jointe à (3), donne

$$r = 2,32 \text{ ohms}, \quad \text{tang}\,\varphi = 67,7\,L.$$

Enfin, portant ces valeurs dans (4), on a

$$\frac{52,37}{\sqrt{4600\,L^2 + 1}} = \sqrt{16,15 + 74\,000\,L^2},$$

d'où

$$L = 0,051 \text{ henry}, \quad \cos\varphi = 0,278.$$

Note sur le rapport des tensions d'une commutatrice, par W.-C. CLINTON (*Phil. Mag.*, 6e série, t. X, p. 160-163, juillet 1905).

Lorsqu'une commutatrice à excitation séparée est entraînée mécaniquement, on a, entre la tension maximum E_a entre deux des n bagues et la tension continue E_c entre les deux balais, la relation

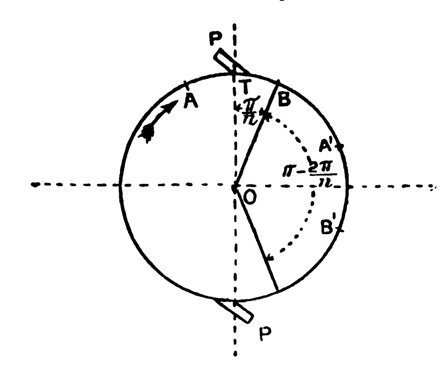
$$\frac{E_a}{E_c} = \sin\frac{\pi}{n},$$

la distance angulaire des deux connexions sur deux bagues consécutives étant $\frac{2\pi}{n}$.

Mais, lorsque la commutatrice, alimentée par le côté continu ou alternatif, est en circuit ouvert par le côté non alimenté, il y a lieu de faire une correction par suite de la chute ohmique dans l'armature; c'est cette correction que calcule l'auteur, dans l'hypothèse où la machine est alimentée par son côté continu, le côté alternatif étant en circuit ouvert.

Soient r la résistance de l'armature d'un balai à l'autre, et i l'intensité du courant dans le circuit compris entre ces balais; la chute ohmique de tension de balai à balai est ri.

Soient A et B les points de connexions de deux bagues sur l'enroulement. La différence de potentiel entre les bagues



due à la chute de tension est nulle quand ces points occupent les positions symétriques AB; elle croît uniformément jusqu'à ce que A vienne sous le balai P, puis demeure constante jusqu'à ce que B arrive sous le balai P'; elle redevient nulle quand A est déplacé de 180°.

Désignons par θ la distance angulaire du milieu de AB et de P. Quand θ varie de 0 à $\frac{\pi}{n}$ (moitié de la distance angulaire des points de connexion des deux bagues), la différence de potentiel entre A et B due à la chute ohmique croît donc de 0 à $\frac{2ri}{n}$; pour une valeur de θ intermédiaire, elle peut s'écrire

$$\frac{2ri}{n} \times \frac{\theta}{\frac{\pi}{n}} = \frac{2ri\theta}{\pi};$$

pour une valeur de θ comprise entre $\frac{\pi}{n}$ et $\pi - \frac{\pi}{n}$, elle restera égale à $\frac{2ri}{n}$; pour une valeur comprise entre $\pi - \frac{\pi}{n}$ et π, elle décroîtra jusqu'à 0 et pourra être exprimée par l'expression ci-dessus; enfin, pour l'autre moitié du cycle, la différence de potentiel prendra les mêmes valeurs avec un signe contraire.

En appelant U la différence de potentiel constante entre balais, on aura, pour la tension instantanée entre bagues:

$$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri\theta}{\pi}$$

pour θ compris entre 0 et $\frac{\pi}{n}$;

$$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri}{n}$$

pour θ compris entre $\frac{\pi}{n}$ et $\pi - \frac{\pi}{n}$,

$$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri(\pi - \theta)}{\pi}$$

pour θ compris entre $\pi - \frac{\pi}{n}$ et π.

Les valeurs efficaces des tensions entre bagues seront donc

$$\int_0^{\frac{\pi}{n}} \left[(\mathrm{U} - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri\theta}{\pi}\right]^2 d\theta$$

$$= (\mathrm{U} - ri)^2 \sin^2\frac{\pi}{2}\left(\frac{\pi}{2n} - \frac{\sin\frac{2\pi}{n}}{4}\right)$$

$$+ \frac{4ri(\mathrm{U} - ri)\sin\frac{\pi}{n}}{n}\left(\sin\frac{\pi}{n} - \frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}\right) + \frac{4r^2i^2\pi^2}{n^3},$$

$$\int_{\frac{\pi}{n}}^{\pi - \frac{\pi}{n}} \left[(\mathrm{U} - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri}{n}\right]^2 d\theta$$

$$= (\mathrm{U} - ri)^2 \sin^2\frac{\pi}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n} + \frac{\sin\frac{2\pi}{n}}{2}\right)$$

$$+ \frac{8ri(\mathrm{U} - ri)\sin\frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}}{n} + \frac{4r^2i^2}{n^2}\left(\pi - \frac{2\pi}{n}\right).$$

La somme des carrés pour la demi-période de o à π est égale à deux fois la somme de ces deux expressions, c'est-à-dire

$$(\mathrm{U} - ri)^2 \sin^2\frac{\pi}{n}\,\frac{\pi}{2} + \frac{4ri(\mathrm{U} - ri)}{n}\sin\frac{\pi}{n}$$

$$\times\left(2\sin\frac{\pi}{n} - \frac{2\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n} + 2\cos\frac{\pi}{n}\right) + \frac{8r^2i^2\pi^2 + 4r^2i^2(n-2)\pi}{n^3}.$$

Divisant par π, prenant la racine carrée et enfin divisant par π, nous obtenons la valeur du rapport de la tension alternative à la tension continue et, si nous posons $ri = \frac{\mathrm{U}}{m}$, nous avons pour ce rapport

$$\sqrt{\left\{\begin{array}{l}\dfrac{(m-1)^2\sin^2\frac{\pi}{n}}{2m^2} + \dfrac{(m-1)\sin\frac{\pi}{n}}{m^2 n\pi} \\ \quad\times\left(\sin\frac{\pi}{n} + \cos\frac{\pi}{n} - \frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}\right) + \dfrac{4}{m^2n^3}(2\pi + n - 2)\end{array}\right\}}.$$

L'auteur a calculé les valeurs exactes de ce rapport pour diverses valeurs de m et pour diverses valeurs du nombre des phases du courant alternatif; les résultats de ce calcul sont donnés dans le Tableau suivant :

NOMBRE de phases.	RAPPORTS EXACTS.						RAPPORTS non corrigés.
	$m = 10$.	$m = 20$.	$m = 50$.	$m = 100$.	$m = 200$.	$m = 500$.	
1......	67,13	68,32	69,61	70,14	70,42	70,58	70,72
3......	56,70	58,71	60,18	60,69	60,95	61,10	61,24
4......	46,04	47,87	49,11	49,55	49,75	49,90	50,00
6......	32,46	33,82	34,73	35,03	35,19	35,29	35,35
12......	15,60	17,50	17,97	18,13	18,21	18,26	18,39

L'auteur a également calculé les différences entre les rapports exacts et les rapports non corrigés, rapportées à une valeur 100 de ces derniers; le Tableau ci-dessous indique les résultats.

NOMBRE de phases.	DIFFÉRENCES POUR 100.					
	$m = 10$.	$m = 20$.	$m = 50$.	$m = 100$.	$m = 200$.	$m = 500$.
1..........	5,076	3,39	1,57	0,82	0,42	0,20
3..........	7,413	4,13	1,73	0,90	0,47	0,23
4..........	7,920	4,26	1,78	0,90	0,50	0,19
6..........	8,176	4,33	1,75	0,83	0,45	0,17
12..........	14,75	4,37	1,80	0,93	0,49	0,22

De ce dernier Tableau il résulte que la correction due à la chute de tension sur une commutatrice non chargée est pratiquement indépendante du nombre de phases si m est de l'ordre de grandeur qu'il atteint usuellement dans les bonnes machines.

Sur l'accumulateur nickel-fer, par GRÆFENBERG. Communication présentée à l'assemblée générale annuelle de la Société allemande Bunsen, 2 et 3 juin 1905 (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 185, 1er août 1905).

L'auteur ne parle que de l'élément construit par la société « Kölner Accumulatorenwerken » de Kalk, qui possède les brevets allemands Iungner. Comme matière positive, on prend l'hydrate d'oxydule vert de nickel obtenu par voie électrolytique et on le transforme par oxydation chimique en hydrate d'oxyde noir. La matière active négative est constituée par l'oxyde des battitures qui, finement pulvérisé, est réduit à 380°C. environ dans un courant d'hydrogène. Pour avoir une conductibilité suffisante, on introduit, dans la matière positive, 40 pour 100 en poids de graphite nickelé et de graphite en poudre, et, dans la matière négative, 10 pour 100 de graphite nickelé. La matière est comprimée modérément en briquettes de $85^{\mathrm{mm}} \times 18^{\mathrm{mm}}$ et 2^{mm} d'épaisseur. Ces briquettes sont placées dans des poches perforées en tôle de nickel pur de $0^{\mathrm{mm}},75$ d'épaisseur qui sont repliées puis comprimées à une pression uniforme sous la presse hydraulique. On réunit en une plaque 10 poches semblables par une bande repliée en nickel que l'on comprime sur le côté des poches. Un élément de dimensions 300^{mm} sur 92^{mm} et 52^{mm} renferme 6 paires de plaques et pèse 3^{kg} avec bac en acier comprimé d'une seule pièce. Avec bac en fer plié de $0^{\mathrm{mm}},3$ d'épaisseur, le poids est seulement $2^{\mathrm{kg}},75$. Dans ce poids sont compris 900^{g} de matières actives, 750^{g} de tôles des plaques, 625^{g} d'électrolyte et 475^{g} de bac et accessoires. La surface active des électrodes atteint environ 18^{dm^2}. L'électrolyte est une solution à 20 pour 100 de potasse qui doit être exempte de radicaux acides, de matières organiques et d'acide carbo-

nique. Au régime de 4 heures, la capacité est 35 à 40 ampères-heures et la tension moyenne 1,23 volt, ce qui correspond à 16 à 18 watts-heures par kilogramme d'élément. Le volume total de l'élément est de $1^l,45$, soit $2^l,9$ pour 100 watts-heures (au lieu de $1^l,4$ avec l'élément au plomb). La résistance intérieure croît lentement pendant la décharge; sa valeur moyenne est ici 0,0035 ohm. La force électromotrice est 1,35 volt. La tension de décharge est moins constante que dans l'élément au plomb et l'on doit consentir à une chute de 20 pour 100 entre la tension initiale et la tension finale. En charge, la tension atteint rapidement 1,6 volt et un vif dégagement gazeux commence déjà. La tension monte lentement ensuite à 1,7 volt et 1,8 volt pendant que le dégagement gazeux augmente. Ce fort dégagement gazeux est cause du mauvais rendement de l'élément. En décharge l'électrode-fer présente deux phases différentes, la première correspond à une tension moyenne de 1,2 volt, la seconde, à une tension d'environ 0,9 volt. L'électrode-nickel ne présente qu'une phase de décharge. La capacité de l'électrode-fer ne devient constante qu'après 15 décharges ou plus, l'électrode-nickel donne déjà sa capacité totale à la troisième ou à la cinquième décharge. En pratique, la capacité au-dessous de la tension 1 volt est inutilisable. L'électrode-nickel est ainsi constituée qu'elle donne son crochet lors du premier crochet de l'électrode-fer. Théoriquement, la capacité de l'électrode-fer doit être plus élevée que celle de l'électrode-nickel; mais on constate cependant que cette dernière a un coefficient d'utilisation de 75 pour 100 environ tandis que le coefficient d'utilisation de l'électrode-fer n'est que 10 pour 100 environ. Pour les intensités 10, 15, 20, 30 et 50 ampères, les capacités sont respectivement ici 35, 33,25, 31,7, 27,5 et 25 ampères-heures, et les tensions moyennes 1,237, 1,226, 1,205, 1,13 et 1,05 volt. Il est impossible de distinguer la fin de la charge; par suite, la détermination du rendement est très difficile. Si l'on charge à l'élément seulement la quantité d'électricité débitée à la précédente décharge, on trouve un rendement en quantité de 0,95 et un rendement en énergie de 0,65 lorsque la décharge suit immédiatement la charge; mais, s'il y a 24 heures d'intervalle, ces valeurs deviennent respectivement 0,63 et 0,42. En pratique, il ne faut pas compter sur un rendement en énergie supérieur à 0,40.

L'action locale qui se produit est peut-être due à une décomposition spontanée de l'eau, avec dégagement d'hydrogène au fer, qui passe à l'état d'oxyde, et d'oxygène à l'électrode-nickel dont la matière passe à l'état d'oxydule. A l'air, l'électrode-fer chargée s'oxyde et s'échauffe; après remontage, elle ne retrouve plus sa capacité initiale. Le transport de cette électrode présente donc quelques difficultés et déjà, pendant la fabrication même, des précautions sont à prendre. L'hydrate d'oxyde de nickel, obtenu par oxydation de l'hydrate vert d'oxydule, est très stable dans les conditions ordinaires; mais, à l'état comprimé, il a une tendance à revenir à l'état d'hydrate d'oxydule vert, et demande alors une longue charge avant de reprendre sa capacité totale. En ce qui concerne la durée, l'électrode-fer se comporte moins bien que l'électrode-nickel; elle perd environ 12 pour 100 de sa capacité en 100 décharges, et 17 pour 100 en 200 décharges. L. J.

Procédé de préparation de la matière active pour les électrodes négatives d'accumulateurs alcalins, en partant des battitures de fer, par le Dr Max ROLOFF. (Brevet allemand 162199 du 13 août 1903; *Central blatt für Accumulatoren*, t. VI, p. 184, 1er août 1905). — L'emploi des combinaisons oxygénées du fer n'est pas nouveau. C'est Pollak (brevet allemand 107727) qui, le premier, l'a revendiqué. Après lui, Edison, particulièrement, a indiqué différentes méthodes de préparation des électrodes-fer. La difficulté principale résidait dans l'impossibilité de réduire électrolytiquement les oxydes de fer. Edison employa d'abord le monosulfure de fer qu'il réduisit par voie électrolytique (brevet anglais 2490 de 1901 et brevet américain 678722). Cependant, dans le brevet anglais 10505 de 1901 et dans le brevet américain 700136, Edison indique l'oxydule de fer anhydre comme réductible par le courant, tandis qu'il signale l'oxyde magnétique comme l'étant à peine. Contrairement à cette affirmation, on trouve que l'oxyde magnétique Fe^3O^4 peut être parfaitement utilisé si on le débarrasse par voie magnétique de l'oxydule FeO et de l'oxyde Fe^2O^3 qui l'accompagnent toujours. L'oxyde brut (provenant soit de l'oxydation du fer à l'air, soit de la réduction de Fe^2O^3 par l'hydrogène) doit être tout d'abord finement pulvérisé.

Pour montrer qu'un effet nouveau est obtenu, aussi bien en ce qui concerne la capacité qu'en ce qui concerne la durée, par la purification magnétique de l'oxyde des battitures, une série d'essais a été effectuée. Deux de ces essais sont donnés ici comme exemples. L'élément 1 était fabriqué avec l'oxyde des battitures purifié magnétiquement, l'élément 2, avec le même oxyde non purifié et renfermant par conséquent Fe^2O^3. Les deux matières étaient finement pulvérisées et mélangées à 20 pour 100 de graphite en écailles. Les deux éléments montés dans le même circuit comprenaient chacun deux plaques-fer et trois tôles de nickel poli. L'électrolyte était de la potasse à 20 pour 100. Les résultats obtenus ont été les suivants :

Premier essai.

Intensité en ampères.	Capacités en ampères-heures. Oxyde purifié.	Capacités en ampères-heures. Oxyde brut.
5,00...	5,0	3,33
5,00...	6,67	4,17
4,00...	9,33	6,33
6,00...	10,0	8,00
6,00...	13,5	6,00
6,00...	10,5	4,5

Deuxième essai.

Numéro de la décharge.	Capacités en ampères-heures. Oxyde purifié.	Capacités en ampères-heures. Oxyde brut.
1......	5,25	4,50
14.....	9,00	8,25
46.....	5,25	3,00
88.....	5,25	4,50
104....	6,00	5,25
135....	6,75	6,00
195....	11,00	5,00

Dans le deuxième essai, l'intensité était de 3 ampères.

D'après l'inventeur, pendant la décharge, qui comprend comme on sait deux parties différentes, le fer se transforme



d'abord en FeO ou en Fe^3O^4 puis finalement en Fe^2O^3. En général, la polarisation due au dégagement d'oxygène n'atteint pas la haute valeur nécessitée par la formation de Fe^2O^3. Cependant ce fait survient lorsque la matière renferme déjà une petite quantité de Fe^2O^3. Comme cet oxyde est très difficilement réductible, on s'explique ainsi les résultats obtenus. L. J.

Prix de revient unitaire de la puissance hydraulique aménagée. (*Bulletin des usines électriques*, septembre 1905, d'après *Journal de l'Electrolyse*). — Ce prix de revient varie naturellement suivant les difficultés rencontrées dans l'établissement des usines; le tableau suivant donne le prix du cheval pour quelques installations.

Usine de La Praz. — Société de Froges, torrent de l'Arc, puissance 13000 chevaux : 212fr.

Chute de Saint-Michel-en-Maurienne. — Torrent de la Valloirette, aménagé par MM. Chevrant, Bouvier et Joya, hauteur 130m, débit 2m³ à 5m³, puissance moyenne 4000 chevaux : 220fr.

Chute de Jonage. — Société des forces motrices du Rhône : 1800fr.

Usine d'Hauterive (Suisse). — Torrent de la Sarine, hauteur de chute 50m, puissance 5000 chevaux, aménagée par l'État de Fribourg, canal d'amenée 9400m, dont 8900m souterrain, coût total de l'installation 3000000fr : 600fr.

Chute de Méran. — Sur l'Etsche (Tyrol), hauteur 60m, débit 9m³ à 15m³, puissance moyenne 5000 chevaux, puissance utilisable 7000 chevaux. La puissance est louée à raison de 24 florins par cheval-an : 400fr.

Chute de Dalf-Elf. — Puissance en voie d'aménagement, 20000 chevaux, dépense prévue 3300000 couronnes (4620000fr.). Cette chute va alimenter d'énergie électrique la ville de Stockholm, située à 160km. La ligne est prévue pour 4276000 couronnes et la station de transformation pour 514000 couronnes, soit au total pour la transmission de force 6720000fr, ce qui met le prix du cheval transmis à 760fr.

Usine de Mansboe (Suède). — Société de fabrication de chlorate de potasse, puissance 5000 chevaux, coût de l'installation 1300000fr : 760fr.

Usine de Chedde. — Torrent de l'Arve, hauteur de chute 140m, canal et galeries en tunnel de 1790m, 2 conduites de 1m,40 de diamètre, 600m de longueur chacune, 8000 chevaux moyens : 220fr.

Chute de Saint-Beron. — Torrent Le Guiers, hauteur de chute 60m; de débit 3m³ à 7m³, 2 conduites de 1m,20 de diamètre, puissance moyenne 3500 chevaux : 270fr.

Chute de Giffre. — A Marignier, puissance moyenne 7000 chevaux, vendue 1500000fr à la Société du Giffre par un syndicat de Grenoble qui a fait environ 800000fr de travaux. Cette chute a été revendue par la Société du Giffre à une Société Anglaise, avec bénéfice de 1 million : 214fr.

Chute de Gavet-Livet. — Puissance 6000 chevaux, achetée par la Société des Soudières Electrolytiques Hulin et Cie : 230fr.

Chute du Rhin. — Rheinfelden Kraftubertragungs Rheinfelden (Société au capital de 5 millions), débit 325m³ de 7m,50 en basses eaux, 6m,6 en grandes eaux. Puissance 17000 chevaux, canal d'amenée 1km, prix de vente de l'énergie 0fr,086 le kilowatt-heure pour force motrice : 235fr.

Chute d'Esparraguera (Catalogne). — Rivière Le Llobrégat, canal d'amenée de 6km, débit de 16m³ à 30m³, hauteur 12m, puissance moyenne 2500 chevaux : 420fr.

Chute de Grenade. — Sur le Rio Génil, canal d'amenée de 5km, débit moyen 2m³, hauteur de chute 104m, puissance moyenne 1000 chevaux : 400fr.

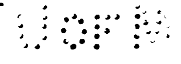
Chute de la rivière Eritcht (Ecosse). — Projet amenant les eaux de la rivière Ericht, dans le comté d'Inverness, jusqu'à sa jonction avec la rivière Leven, hauteur de chute 300m, puissance moyenne 38000 chevaux, dépense prévue £ 1200000 : 800fr.

BREVETS RÉCENTS.

Machines transformatrices : ALLGEMEINE. ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 163212, 3 déc. 1904 (transformateur). — ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI. — BF. 353264, 3 janv. 1905 (convertisseur de courants alternatifs avec enroulement compensateur ayant pour but d'éviter les champs d'ordre supérieur). — BERTHON. BF. 353587, 21 avril 1905 (commutateur rotatif à échappement pour faire produire à une batterie d'accumulateurs un courant mono- ou polyphasé). — BRAGSTAD et LA COUR. DRP. 165150, 20 mai 1904 (transformateur). — BRIANCHON. BF. 350014, 23 juin 1904 (transformateur de travail mécanique en énergie électrique). — GAIFFE. DRP. 163881, 30 déc. 1903 (transformateur). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 13278, 18204 et 20473, 1904 (transformateurs). — GRISSON. BF. 334888, 3 juin 1905 (procédé de transformation du courant électrique en utilisant des éléments unipolaires). — HIRSCHMANN. DRP. 164570, 22 mars 1905 (tube Rœntgen à anticathode refroidie par un courant d'eau). — INTYRE (MAC). U.S.A.P. 796851, 3 déc. 1904 (bobine de Ruhmkorff. — JACKSON. BP. 369, 1905 (redresseur de courant). — KRUH. BP. 15469, 1904 (redresseur de courant). — LYDALL. BP. 1874, 1905 (transformateur). — PECK. DRP, 165083, 23 fév. 1904 (transformateur). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 165138, 8 nov. 1904 (tube Rœntgen). — WOMMELSDORF. BP. 4960, 1905 (condensateur). — *Divers :* DENIEPORT. BF. 353424, 17 avril 1905 (trembleur pour bobine d'induction). — SCHLÖTTER. DRP. 164889, 6 janv. 1905 (interrupteur tournant).

Piles : BUHOT. BF. 354551, 23 mai 1905 (pile au chlore liquéfié). — LITTMANN. DRP. 162756, 10 avril 1904 (pile sèche). — MANN et GOEBEL. DRP. 164308, 14 oct. 1902 (élément zinc-charbon).

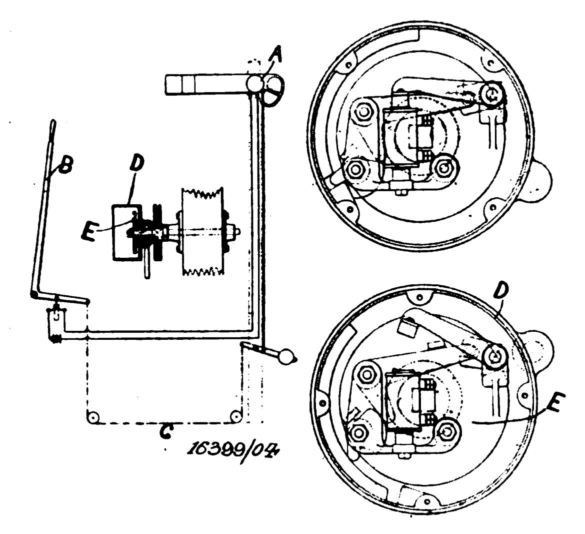
Accumulateurs : EDISON. DRP. 163342, 7 janv. 1903. — ELEKTRICITAETS AKTIEN GESELLSCHAFT. DRP. 162757 24 oct. 1903. — FEHLERT, LOUBIER et HARMSEN. DRP. 163170, 21 avril 1904. — GARDINER. BF. 345616, 28 fév. 1905 (bacs de formation pour éléments d'accumulateurs électriques); ID. 354617, 28 fév. 1905 (batteries secondaires et carcasses pour batteries secondaires); ID. 354782, 28 fév. 1905 (perfectionnements aux éléments pour batteries secondaires). — HARGREAVES. BP. 18937, 1904. — HARTUNG. USAP. 797110, 30 avril 1904. — HEISSER. USAP. 794501, 5 juil. 1904. — HEYMANN. BF. 354021, 6 mai 1905 (électrodes pour piles primaires). — HUBBELL. USAP. 793076, 793077 et 793078, 3 oct. 1904 (plaque d'accumulateur). — JEANTAUD. BF. 353894, 3 mai 1905 (enveloppe de plaques d'accumulateurs). — KAMPERDYK. USAP. 794864, 2 avril 1902. — KITSEE. USAP. 793881, 17 mars 1893. — LANGELAAN. USAP. 796435, 27 fév. 1905. — LAREN. BP. 15283, 1904. — LE CARBONE. BP. 21672, 1904. — LOUBIER, HARMSEN et BUTTNER. DRP. 162947, 6 mai 1903. — LUCKOW. BF. 354371, 9 mai 1905 (procédé pour la régénération des accumulateurs électriques). — MEISTER et JUNKER. USAP. 794240, 11 nov. 1901. — MORRISON. BF. 354057, 21 fév. 1905. — MULLER. DRP. 162668, 11 mars 1904 (électrode). — NAZE. BF. 350069, 21 juil. 1904 (perfectionnements aux récipients étanches pour piles primaires et secondaires). — PORSCKE et WEDEKING. BP. 16751, 1904. — PORTER. USAP. 792611, 792612 et 792613, 19 août 1904. — SCHENK. BP. 6650, 1905. — WEDEKING. DRP. 163125, 19 avril 1902 (électrode). — WITHERBEE. USAP. 793117, 22 mars 1904. — WINTER. USAP. 795325, 2 nov. 1904. — *Divers :* DUNCAN. USAP. 796063 et 796064, 8 janv. 1902 (réducteur automatique pour batterie d'accumulateurs). — GHEGAN. USAP. 793063, 27 janv. 1904 (régulateur pour batterie). — GIRARD. BF. 354135, 9 mai 1905 (réducteur pour accumulateurs électriques). — VEULE (DE). BF. 353755, 28 avril 1905 (commutateur pour batterie).





APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Signal pour block-système. J.-P. O'Donnell, Londres (Brevet anglais 6399, 1904). — Le dispositif breveté a pour but d'empêcher le signal A de se mouvoir tant que ce mouvement n'est pas commandé par le levier B, par exemple s'il est produit par une traction du fil C provoquée autrement que par le levier B. Pour cela le bras du signal est relié au fil C par l'intermédiaire d'un encliquetage électro-magnétique.



Celui-ci se compose d'une boîte D sur laquelle est articulée la tige de manœuvre et d'un disque E calé sur l'axe du signal et qui porte un doigt commandé par un électro-aimant; quand celui-ci est excité, D et E sont solidarisés comme le montre la figure supérieure de droite; quand au contraire il n'est pas excité, D peut tourner sans entraîner E ainsi qu'on le voit sur la figure inférieure. Le circuit de l'électro-aimant ne pouvant encore être fermé que par la manœuvre de B, le signal ne pourra être mis en mouvement que par ce levier.

Marks and Clerk.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : Arnold. DRP. 163295, 5 janvier 1904 (moteur compensé à collecteur). — Arnold et La Cour. DRP. 165053, 25 mai 1904 (moteur monophasé compensé). — Barker. USAP. 797396, 26 oct. 1903. — Crompton. BP. 15616, 1904 (moteur monophasé). — General Electric Company. BP. 17019 et 21043, 1904 (moteur à courant alternatif). — Kruyswijk. BF. 353915, 3 mai 1905 (moteur à champ tournant avec armature à courant continu). — Latour. BP. 13585 et 952, 1904 et 1905. — Milch. USAP. 794995 et 795780, 21 déc. 1903 et 2 janv. 1904 (moteur à courant alternatif). — Pomeroy. USAP. 794904, 24 nov. 1903 (moteur d'induction). — Schuler. USAP. 795861, 16 juillet 1904 (moteur d'induction). — Siemens Schuckert Werke. BF. 353561, 20 avril 1905 (dispositions s'appliquant aux moteurs à collecteur à courant alternatif et comportant un enroulement auxiliaire excité par le courant d'armature). — Société alsacienne de Constructions mécaniques. BF. 354449 et 353627, 1er février et 21 avril 1905 (moteur-série à commutateur pour courant alternatif monophasé et perfectionnements dans les moteurs à courant alternatif à nombre de pôles variables). — Thomson-Houston. BF. 353991, 5 mai 1905 (moteur à courant alternatif simple). — Union Elektricitaets Ges. BP. 13283, 1904. — Watson. USAP. 792684, 21 mars 1905. — Wright. USAP. 794135, 24 nov. 1903 (moteur d'induction). — Zani. BF. 354098, 8 mai 1905 (moteur à courant alternatif). — *Démarrage et réglage des moteurs :* Anderson. USAP. 795570, 27 janv. 1904 (dispositif de réglage dans lequel les résistances peuvent être mises en parallèle ou en série avec les enroulements inducteurs et induits). — Arnold et La Cour. BF. 354469, 18 mai 1905 (dispositif pour le démarrage et le réglage de moteurs monophasés compensés à collecteur); DRP. 165054 et 165055, 12 juillet 1904 (régulateur de tours pour moteurs monophasés compensés). — Carichoff. USAP. 793768, 8 déc. 1903 (contrôleur pour moteur). — Drevet. BP. 5772, 1905 (démarrage des moteurs). — Eastwood. USAP. 793513, 793514 et 793570, 19 déc. 1904 et 15 avril 1905. — Electricitaets Aktien Ges. vorm. Lahmeyer et Cº. DRP. 163084, 26 nov. 1904 (réglage du courant pour électromoteurs). — Erben. USAP. 792012 (limitateur de vitesse). — General Electric Cy. BP. 16664, 1904 (résistance de démarrage). — Graber. USAP. 796637, 8 décembre 1904 (rhéostat et tendeur de courroie combinés). — Haushahn. DRP. 162828 et 162956, 26 août et 11 nov. 1904. — Horton. USAP. 792658, 2 nov. 1904 (démarreur). — Hyde. DRP. 164687, 19 avril 1904 (commutateur pour moteur actionnant une pompe). — Johnson-Lundell Electric Traction Cº. DRP. 163857, 29 janvier 1904 (réglage d'électromoteurs). — Kando (Koloman von). DRP. 162864, 5 août 1903 (couplage en cascade des moteurs d'induction). — Krieger. BF. 354586, 24 mai 1905 (dispositif limitant automatiquement les variations d'intensité dans un moteur électrique à couple très variable). — Lahmeyer et Cº. DRP. 162917, 20 janv. 1905 (dispositif de mise en marche). — Lang. BP. 13564, 1904 (réglage des moteurs). — Linn. USAP. 794991, 11 nov. 1901 (démarreur). — Mackintosh. USAP. 794454, 5 déc. 1903 (démarreur à commutateur multiple). — Mascord. BF. 353265, 11 janv. 1905 (dispositif pour l'application et la distribution de la force motrice électrique particulièrement pour la mise en marche des machines). — Mundy. USAP. 795000, 20 fév. 1903 (démarreur). — Pifre. BF. 353867, 2 mai 1905 (commande de moteurs électriques). — Siemens-Schuckert Werke. BF. 353214, 11 avril, 1905 et DRP. 163211, 17 mai 1902 (démarreur électrique à renversement de marche). — Tirrill. USAP. 796474, 15 avril 1903 (contrôleur et commutateur). — Williams, USAP. 796483, 1er juin 1903 (régulateur de champ pour moteur électrique).

Electro-aimants : Eastwood. USAP. 794086, 27 décembre 1904. — General Electric Cº. BP. 16110, 1904. — Mix et Genest. DRP. 163107, 16 sept. 1904. — Thirion. BF. 354306, 13 mai 1905 (suppression de la rémanence dans les électro-aimants et particulièrement dans ceux employés comme embrayages électriques).

Machines et appareils : Arens et Teich. USAP. 794768, 20 fév. 1905 (verrouillage électrique des portes). — Armstrong. BP. 3688, 1905 (arrêt électrique pour métiers de tissage). — Bell. USAP. 797398, 15 août 1904 (commutateur pour compresseur d'air). — Bovey. USAP. 796287, 11 juil. 1904 (contrôle électrique des aiguilles de chemins de fer). — Bowele. BP. 15627, 1904 (horloge électrique). — Bradshaw. USAP. 796559, 17 mars 1903 (annonces électriques). — Campiche. BP. 7211, 1905 (horloge électrique). — Corbett. USAP. 795802, 20 février 1904 (avertisseur d'incendie). — Couffinhal. BF. 354058, 20 février 1905 (relais). — Darlington. USAP. 793626, 28 janv. 1904 (levage électrique). — Darras. BF. 354165, 10 mai 1905 (perfectionnements aux relais électromagnétiques). — Darras et Hacketts. BP. 17059, 1904 (contrôleur électromagnétique). — Diehl Manufacturing Cº. BP. 1552, 1905 (ventilateur électrique). — Drake. USAP. 794398, 30 sept. 1904 (moteur pourdrill). — Duntley. BP. 4041, 1905 (outil électrique). — Earl. USAP. 794792, 20 avril 1903 (contrôleur double).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Signaux sous-marins de J.-B. Millet, par Th. KARRAS (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 882, 21 septembre 1905).

Dans les expériences de Colladon et Sturm, faites à Genève en 1827, pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'eau, une cloche plongée dans l'eau était frappée avec un marteau, et le son produit était perçu à près de 14^{km} de distance au moyen d'un tube de fer-blanc, ouvert en haut, élargi par le bas, et fermé par une feuille de tôle flexible à la partie inférieure immergée.

Sans ce tube on ne pouvait entendre aucun des sons émis par la cloche. Aussi la propagation des sons dans l'eau n'a-t-elle pu, pendant longtemps, être utilisée à la transmission de signaux phoniques, à cause de la difficulté d'observation de tels signaux au moyen du tube acoustique. Mais, lorsqu'en 1878 le microphone eut permis très facilement de rendre perceptibles les ondes sonores propagées dans l'air ou dans les corps solides, la pensée vint aussi de construire des microphones qui seraient aptes à recueillir les ondes sonores produites dans l'eau. En 1890, Hieronymus fit des expériences qui montrèrent les conditions à remplir dans la construction des microphones sous-marins et aussi les difficultés à vaincre pour réaliser ces conditions.

L. Blake, qui, avec A. Johnson, fit des expériences sur le même sujet, eut l'idée d'utiliser la coque elle-même du bateau comme récepteur des sons; il reconnut que des sons propagés dans l'eau traversent facilement une double coque de $0^m,50$ et peuvent être perçus à l'intérieur du navire. Les essais, interrompus par la guerre hispano-américaine, furent repris en 1898 par M. A. Mundy et Elisha Gray et poursuivis jusqu'en 1902 sans fournir une solution de la question.

Mundy avait cependant obtenu au laboratoire des résultats intéressants. Il plaça à l'intérieur d'un vase creux en fer, qui flottait sur l'eau, un vase plus petit rempli d'un liquide, et dans celui-ci un microphone. Quand le petit vase touchait la paroi du grand, le microphone rendait très bien le son d'une cloche qui était frappée dans l'eau extérieure. Si, au contraire, le microphone, au lieu d'être plongé dans le liquide du petit vase, était appuyé contre la paroi du vase flottant, il rendait beaucoup plus mal le son de la cloche.

Copiant cette disposition expérimentale, Mundy fixa intérieurement à la coque du bateau, sous la flottaison, un récipient rempli de liquide et plaça dans ce récipient un boîte étanche renfermant le microphone. Mais, dans l'écouteur relié au microphone, on ne percevait alors qu'un bourdonnement sourd, causé par les machines du bateau, et d'intensité telle que les sons de la cloche disparaissaient complètement. Cette disposition, trouvée ainsi défectueuse, fut abandonnée. D'autre essais, faits avec des microphones fixés extérieurement au bateau, ne furent pas plus heureux.

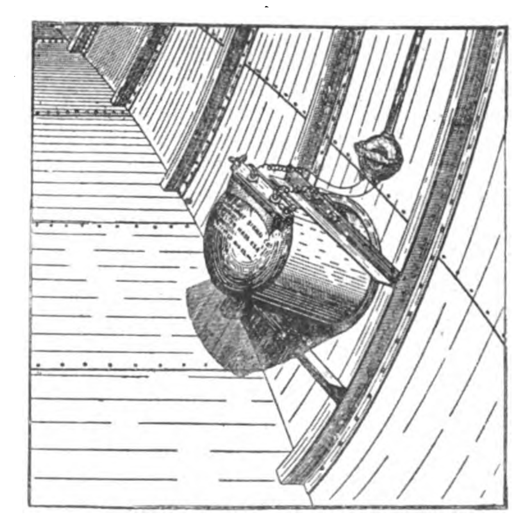
Les expériences montrèrent pourtant que le récipient, avec le liquide qui baigne le microphone, doit agir comme une caisse sonore et qu'il est, par suite, très important de déterminer pour ce récipient les dimensions les plus convenables.

Malgré ces insuccès répétés, la « Submarine Signalling C° », de Boston, chargea son Vice-Président, J.-B. Millet, de continuer les expériences. Il équipa alors un bateau avec tout ce qui était nécessaire à la production et à la réception des signaux, et il suspendit à une bouée mouillée à quelque distance une cloche-signal, qu'on ébranlait du bateau lui-même au moyen d'une transmission électrique. Quatre bateaux-feux, entre Boston et New-York, furent pourvus des mêmes appareils que le navire servant aux expériences.

Millet a rendu compte de ses essais laborieux dans un Mémoire présenté et discuté à la séance du 14 avril 1905 de l'Institution of Naval Architects de Londres.

Millet trouve tout d'abord qu'il y a des endroits dans la coque où les bruits propres au bateau n'agissent pas sur un microphone. Ce sont probablement des nœuds de vibration dont la position dépend de la longueur du navire et de la hauteur entre la quille et la flottaison. En outre, il est nécessaire d'accorder les microphones de façon qu'ils répondent

Fig. 1.



seulement aux sons élevés. Enfin on détermina la forme la plus favorable (*fig.* 1) à donner au corps

creux renfermant le microphone. La partie cylindrique a un diamètre de 406^{mm} et une hauteur de 457^{mm}. Son extrémité, tournée vers la paroi du bâtiment, est ouverte; l'autre extrémité est fermée par un fond bombé. Le récipient, en tôle zinguée, est fixé entre deux couples sous la flottaison; l'extrémité ouverte étant pressée contre la coque avec interposition d'un joint étanche au caoutchouc.

Au début, il parut avantageux de remplir le récipient d'un liquide plus dense que l'eau de mer; mais on a trouvé plus tard que la seule condition nécessaire était d'avoir un liquide non congelable, la glycérine ou une solution saline, par exemple.

Les cloches ordinaires utilisées dans l'air ne conviennent pas pour la production des signaux. Les cloches sous-marines doivent avoir un bord particulièrement épais. Leur poids est de 70^{kg} à 75^{kg}; leur son doit être élevé et clair. Si les cloches sont suspendues à une profondeur suffisante, la propagation des sons n'est influencée ni par les intempéries, ni par le vent ou le mouvement des lames. Le battant de la cloche peut être mis en mouvement par des dispositifs variés utilisant la vapeur, l'air comprimé, l'eau sous pression ou un courant électrique.

Les sons des cloches furent entendus sûrement, même dans des circonstances défavorables, à environ 5^{km} de distance; mais un observateur exercé pouvait déjà percevoir les signaux à 20^{km} de distance sur un bâtiment de commerce marchant à 15 nœuds. Outre les sons des cloches, on perçut également sans difficulté certains autres bruits tels que ceux des hélices des bâtiments éloignés.

Les bons résultats obtenus par Millet en Amérique déterminèrent la « Norddeutsche Lloyd » de Brême à équiper d'abord le paquebot rapide *Kaiser Wilhelm-II* et ensuite beaucoup d'autres de ses grands navires avec les dispositifs permettant d'observer les signaux phoniques sous-marins. Les cloches se trouvent la plupart du temps suspendues à un bateau-feu ou à une bouée dans le voisinage d'un phare. Aux États-Unis, tous les bateaux-feux sont dès maintenant pourvus de tels dispositifs.

Pour l'observation des signaux, chaque navire a deux récipients pourvus d'un microphone, un de chaque bord, qui sont placés sous la flottaison à 3^{m} ou 4^{m} de l'étrave. Pour les deux microphones sert une paire d'écouteurs qu'un interrupteur permet de relier, soit au microphone de tribord, soit à celui de bâbord. On peut déterminer de cette manière de quel côté vient le son perçu; le microphone du bord tourné vers la source sonore rend un son beaucoup plus fort que l'autre.

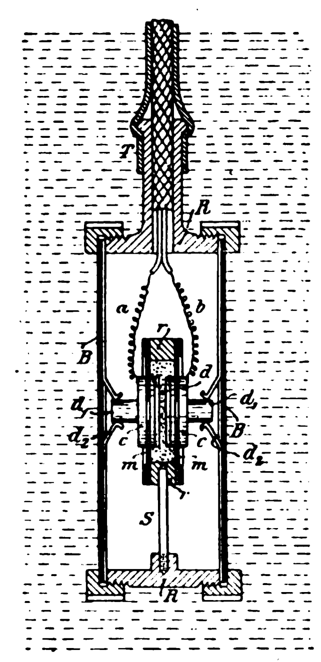
Jusqu'à présent on n'employait comme signaux d'avertissement que les sons d'un sifflet à vapeur, d'une cloche ou d'une sirène, qui se propagent dans l'air. Mais de tels signaux phoniques sont fréquemment insuffisants. Des vents contraires dissipent le son; le brouillard, la neige ou la pluie l'amortissent et le bruit des lames l'étouffe en partie. Il est presque toujours difficile de reconnaître la direction de tels signaux.

Les mêmes inconvénients ne se produisent pas avec les signaux sous-marins; ainsi, par une forte brume, les sons d'une cloche immergée furent perçus 9 minutes avant le signal de brume envoyé par le même bateau-feu avec un sifflet à vapeur.

Naturellement, chaque poste de signaux peut se distinguer facilement des voisins par le nombre et la succession des coups de cloche; on reconnaît ainsi sûrement l'endroit d'où émane le signal qu'on reçoit.

En Allemagne, une grande partie des bateaux-feux de la Baltique et de la mer du Nord vont être pourvus des mêmes dispositifs, ainsi que les grands navires des Compagnies de navigation. Les installations complètes pour l'Allemagne, la Hollande et la Belgique sont faites par la Norddeutsche Maschinen und Armaturenfabrik de Brême.

Fig. 2.



Le récepteur, représenté en figure 2, est un microphone tout spécial. Aux disques de mica *m*, percés en leur milieu, sont fixés des morceaux de charbon *c*, et entre les faces de ces charbons qui se font vis-à-vis reste un étroit espace *d*. Un disque isolant *r* complète, avec les disques *m* et les charbons *c*, une petite boîte plate qu'on remplit de grains

de charbon de faible diamètre. Cette boîte est fixée au moyen de la ligne S dans un récipient formé par l'anneau R et les deux membranes vibrantes B; les tourillons cylindriques d_1 qui sont fixés juste au milieu des parties des charbons c tournées vers l'extérieur, se trouvent également vis-à-vis du milieu des membranes B, sans pourtant les toucher. Sur la face intérieure, les membranes portent chacune une couronne de ressorts d_2 qui enserrent les tourillons d, avec une légère pression. Sur une tubulure portée par R est disposé un tube T fixé d'autre part au récipient contenant le liquide non congelable. Par ce tube passent les fils isolés a et b fixés aux charbons c. Naturellement, le circuit formé par les fils a et b, les charbons c et les grains de charbon d ne doit avoir aucune dérivation par les tourillons d_1, les ressorts d_2 et les membranes B. Ce microphone a extérieurement la forme d'une montre de poche. Pour l'accorder sur le ton de la cloche-signal, il faut déterminer la force convenable des membranes, leur son fondamental dépendant de leur épaisseur.

Les ondes sonores propagées dans l'eau de mer traversent ainsi la coque du navire, sont reçues par le liquide remplissant le récipient fixé à la muraille, transmises ensuite aux membanes B et aux ressorts d_2, de façon que les charbons c, grâce au léger frottement des ressorts d_2 sur les tourillons d_1, soient alternativement approchés ou éloignés l'un de l'autre. De cette façon, la liaison mécanique obtenue entre les membranes vibrantes et les contacts à charbons ne peut jamais être interrompue.

Entre les extrémités libres des deux fils a et b sont montés en série une batterie et un ou deux écouteurs.

Plusieurs microphones peuvent être disposés également en série ou en dérivation; mais la disposition avec un seul microphone paraît préférable.

Le récepteur peut être placé aussi à l'extérieur du bateau. Dans ce cas, le microphone est enfermé dans un vase protecteur sphérique de la grosseur d'une orange; ce vase est rempli du liquide qui doit recevoir les ondes sonores et les transmettre au microphone.

Il semble bien que la navigation pourra retirer des avantages sérieux de ce nouveau mode de transmission de signaux. H.

Microphone Majorana (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 867, 14 septembre 1905, d'après *Elettricista*, 1er juillet 1905). — Dans ces derniers temps, on a fait à Rome, à diverses reprises, des essais de communications téléphoniques à grande distance, avec Londres par exemple, et les résultats auraient, paraît-il, été très satisfaisants. On a employé, pour ces expériences, un nouveau microphone, système Majorana. Il repose, suivant la communication de l'inventeur, sur la contraction d'un filet liquide capillaire sous l'influence des ondes sonores. Les contractions provoquent dans un circuit des changements de résistance tels que, pour des sons de 500 périodes à la seconde, dans des circonstances favorables, il se produit des courants téléphoniques de 100 milliampères. Les meilleurs microphones en service jusqu'à présent en Italie donnent seulement des courants téléphoniques de 20 à 25 milliampères. D'après cela, le microphone Majorana devrait permettre des reproductions de la parole extrêmement intenses. D'autre part, il ne laisse rien à désirer sous le rapport de la clarté. H.

Révélateur d'ondes hertziennes, système Fleming (*Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 846 et 867, 7 et 14 septembre 1905, d'après *Electrical World*, 19 août 1905). — Le professeur Fleming, collaborateur de Marconi, a décrit, dans une conférence faite récemment à Londres, un indicateur à lampe de son invention. On sait qu'une lampe à incandescence, lorsqu'elle luit, a tendance à lancer de la cathode des particules matérielles. Si l'on enferme dans la lampe une petite plaque-électrode, le mouvement vers l'électrode des particules cathodiques électrisées donne naissance à un courant électrique qui peut sortir de la lampe par l'électrode. Fleming intercale une telle lampe dans le circuit local qui est relié inductivement à l'antenne; lorsque des ondes électriques parviennent à l'antenne, un courant toujours de même sens circule entre la cathode et l'électrode, et ce courant agit sur un galvanomètre dont les mouvements correspondent aux signaux télégraphiques.

Câble téléphonique du lac de Côme (*Elettricista*, 2e série, t. IV, p. 104). — Ce câble a été posé par la maison Pirelli et Cie, de Milan, pour relier le réseau urbain de Belliago aux autres centres téléphoniques environnants, l'établissement d'une ligne aérienne remplissant le même but étant plus onéreux. Ce câble est à deux conducteurs formés chacun de 7 fils de cuivre étamés de $0^{mm},55$ de diamètre (ce qui correspond à une section de $1^{mm^2},659$) isolés par trois couches de gutta-percha. Les deux âmes ainsi formées sont câblées ensemble avec une garniture de jute tanné, ce qui porte à 17^{mm} le diamètre du câble. Pour les grands fonds de 140^m ce câble est protégé par une armure de 18 fils de fer galvanisé de $2^{mm},5$ de diamètre recouverte de rubans imperméabilisés, puis de ruban goudronné et enfin de composition Clark. Pour l'atterrissement le câble porte une seconde armure constituée par 18 fils de fer galvanisé de $4^{mm},5$ de diamètre enroulés en sens contraire des fils de la première armure et recouverte d'un double ruban goudronné. — Les constantes électriques de ce câble sont : capacité d'un conducteur, l'autre étant mis à la terre, 0,181 microfarad par kilomètre; résistance ohmique à 15°, 6,32 ohms par kilomètre; résistance d'isolement d'un conducteur par rapport à l'autre, mis à la terre, 1300 mégohms par kilomètre à 24°. — Avant de poser le câble, on a commencé par poser sur le tracé, déterminé par des sondages préalables, une corde métallique et l'on a mesuré sa longueur : 1830^m. Pour tenir compte du mou à donner au câble, on fixa la longueur de celui-ci à 1980^m, supérieure d'un peu plus de 6 pour 100 à la longueur mesurée. Pour répartir uniformément ce mou, au moment de la pose du câble on déroula en même temps la corde métallique précitée; des repères avaient été tracés tous les 100^m sur le câble et tous les 94^m sur la corde; on réglait l'immersion de manière que deux repères passassent en même temps sur la poulie de déroulement. — Les essais téléphoniques effectués après la pose ont donné toute satisfaction.

BREVETS RÉCENTS.

CADENBACH. BF. 354946, 5 juin 1905 (procédé de télégraphie et de téléphonie). — DAMASKINOS. BP. 21217, 1904 (télégraphie). — KITSEE. BF. 354951, 5 juin 1905 (perfectionnements aux appareils de télégraphie). — LAVAUX et GRASSET. BF. 354072, 19 avril 1905 (app. imprimeur). — LODGE. USAP. 795402, 9 déc. 1904 (câble sous-marin).

APPLICATIONS THERMIQUES.

Four de cuisine Elihu Thomson (Brevet américain 796684, déposé le 13 janvier 1905, accordé le 8 août 1905). — Les parois de ce four sont constituées par une substance réfractaire imprégnée de grains d'une substance semi-conductrice; elles sont protégées contre le refroidissement extérieur par une couche d'amiante. Comme substance semi-conductrice, l'inventeur préconise l'emploi d'une nouvelle matière fabriquée au four électrique, le *silicon,* qui a une très grande résistivité, un point de fusion très élevé, est inoxydable et possède un coefficient de dilatation convenant fort bien pour la confection d'agglomérés avec les substances réfractaires. Les parois du four peuvent être amenées au rouge en peu de temps et maintenues à cette température pendant toute une journée avec une très faible dépense de courant.

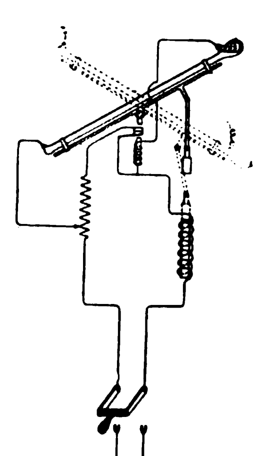
Procédé pour le traitement par vaporisation des minerais métalliques, par Karl Kaiser (Brevet français 349226; *Industrie électrochimique,* t. IX, p. 68, septembre 1905). — Ordinairement le minerai à traiter est mélangé avec une substance réductrice et le traitement de ce mélange au four électrique donne des vapeurs métalliques souvent difficiles à recueillir par suite de leur dilution dans les gaz formés pendant la réduction. Le procédé de l'inventeur évite cet inconvénient en traitant le minerai non mélangé à un réducteur : sous l'action de la haute température du four le composé est dissocié et il se forme un oxyde qui est vaporisé et dont on peut facilement recueillir les vapeurs. Ainsi, dans le cas des minerais de zinc, auxquels le procédé paraît plus spécialement destiné, ces minerais donnent toujours de l'oxyde de zinc, quelle que soit leur nature (sulfure, oxyde, carbonate, sulfate, etc.), et cet oxyde est ensuite réduit par les procédés métallurgiques ordinaires ou, par électrolyse, après dissolution. Presque tout le zinc du minerai peut être recueilli. — L'inventeur a, en outre, reconnu que la vaporisation est fonction, non seulement de la température, mais encore de la tension du courant, de sorte qu'en réglant convenablement la tension on peut opérer une distillation fractionnée. Si, par exemple, on veut extraire le zinc seul des déchets de la calcination des pyrites et empêcher le fer de passer en même temps, il suffit de veiller à ce que la tension ne dépasse pas 60 volts; sous 80 volts, l'oxyde de zinc qui passe par distillation n'est plus complètement exempt de fer. La séparation du zinc et du plomb peut se faire de la même manière. Ce procédé de distillation fractionnée peut d'ailleurs être mis en œuvre avec ou sans la coopération de substances réductrices et peut être appliqué à la séparation des métaux de leurs alliages.

ÉCLAIRAGE.

Électrodes de lampe à arc de la Compagnie générale d'Électricité (Brevet français n° 349928 du 20 mai 1904). — Les électrodes constituées par des conducteurs de seconde classe sont métallisées à leur surface à l'aide de métaux dont le point de fusion est supérieur à celui auquel les terres rares deviennent conductrices et qui ne s'oxydent pas à cette température. Le nickel et l'argent semblent satisfaire à ces conditions. Mais, si l'on recouvre les électrodes d'une couche d'argent, la chaleur de l'arc, par conductibilité, fond cette couche et la volatilise sur une trop grande longueur. La résistance introduite ainsi dans le circuit est trop élevée pour le bon fonctionnement de l'arc. Avec le nickel, la fusion est moins à craindre, mais le nickel a une tendance à l'oxydation et l'oxyde de nickel augmente la fusibilité des terres rares. On est ainsi obligé de recourir aux métaux précieux, platine ou iridium. La fusion ou la volatilisation ne se produit alors qu'à 1^{mm} ou 2^{mm} du foyer et la longueur découverte reste constante. On peut ainsi avec du platine obtenir un arc avec moins de 60 volts. La métallisation du conducteur permet de prendre des longueurs aussi grandes que l'on veut et de saisir directement les bâtons par des pinces métalliques sans craindre des résistances de contact dangereuses; on peut même employer des contacts glissants comme pour le charbon. Pour diminuer l'épaisseur du métal précieux, on peut renforcer par une couche de carbone qui ainsi séparée des oxydes ne les attaquera pas sensiblement. On peut de même renforcer la couche de métal précieux par une couche d'un métal moins coûteux. En employant une électrode positive en carbone on n'a pas à craindre la formation de carbures, que l'on observerait si le carbone était au pôle négatif. Les extrémités polaires des électrodes, qui ne sont pas recouvertes de métal, devront être préalablement chauffées pour l'allumage. G.

Dispositif d'allumage de lampes à mercure. W.-R. Whitney (Brevet américain 792639, déposé le 19 décembre 1903, accordé le 20 juin 1905). — **Idem.** Von Recklinghausen (Brevet américain 791745, déposé le 13 décembre 1904, délivré le 18 juillet 1905). — Au mercure de la cathode M. Whitney substitue un amalgame de fer ne renfermant d'ailleurs qu'une faible quantité de ce dernier métal; cette cathode est placée entre les pôles d'un électro-aimant en fer à cheval; à l'anode, située à la partie supérieure de la lampe, est attaché un mince filament de charbon qui affleure la cathode. Quand on ferme le circuit de la lampe, l'électro-aimant se trouve excité et l'amalgame magnétique, soumis à l'action du champ ainsi créé, éprouve une dénivellation qui le met au contact avec le filament de charbon; un courant passe ainsi dans la lampe et amorce son allumage; en même temps, ce courant fait fonctionner un commutateur qui met l'électro-aimant hors circuit; immédiatement l'amalgame cathodique reprend son niveau normal, un petit arc se forme à l'extrémité du filament de carbone et cet arc s'allonge en suivant le filament jusqu'à l'anode.

Dans le dispositif Recklinghausen, représenté par la figure ci-jointe, la lampe est suspendue dans une position inclinée. Quand on ferme le circuit, le courant passe dans un solénoïde à noyau qui soulève la partie inférieure de la lampe, de manière à la faire basculer. Ce mouvement met les deux électrodes en communication par un filet de mercure, un courant traverse la lampe et ce courant, au moyen d'un petit électro-aimant, coupe le circuit dérivé qui alimentait le solénoïde et met ce solénoïde en série avec la lampe. Mais le courant qui traverse alors le solénoïde n'est plus assez intense pour maintenir le noyau dans la position indiquée en pointillé; la lampe retombe donc et elle se trouve allumée. Quant au solénoïde resté en série, il sert alors de résistance de régulation.





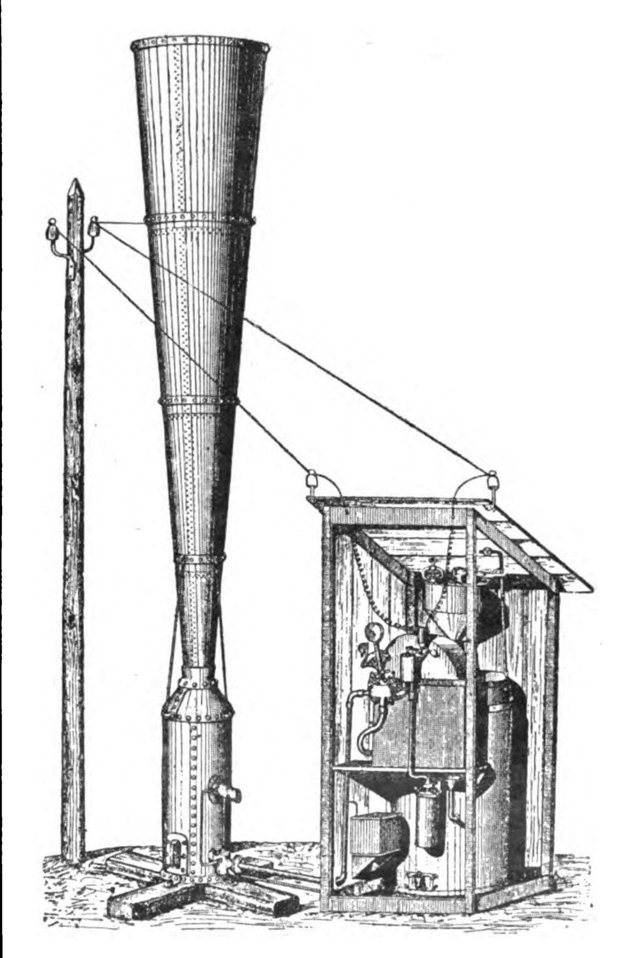
ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Sur l'électrolyse du cuivre et du zinc en solution de cyanure de potassium, par Fritz SPITZER (*Zeitschrift f. Elektrochemie,* t. XI, p. 391, 23 juin 1905). — Les conclusions auxquelles arrive cet auteur sont les suivantes : 1° par l'électrolyse du zinc ou du cuivre en solution de cyanure de potassium, les anodes en platine sont attaquées et un dépôt de platine se produit sur la cathode. Il faut tenir compte de cette circonstance pour obtenir des résultats exacts dans l'analyse électrolytique du zinc et du cuivre en solution de cyanure; 2° la séparation cathodique du cuivre ou du zinc est contrariée par la présence du cyanure de potassium dans l'électrolyse; la séparation ne s'accélère qu'à la suite de la disparition de ce cyanure par oxydation anodique; 3° les dernières traces de ces métaux ne sont séparées que lorsque les solutions ne renferment plus de cyanure; par conséquent, cette séparation quantitative du cuivre et du zinc en solution de cyanure de potassium demande un temps très long; 4° toutes les circonstances qui empêchent ou ralentissent la décomposition du cyanure empêchent ou ralentissent la séparation quantitative des deux métaux; 5° c'est en solution faiblement alcaline (0,2 normale) que l'oxydation anodique du cyanure de potassium s'effectue le plus rapidement; avec une alcalinité plus forte (solution normale) ou sans alcalinité, l'oxydation est lente. Les conditions les plus favorables pour la séparation du zinc sont données par une addition de lessive de soude correspondant à la quantité initiale d'alcali; 6° pour le cuivre, il faut éviter une addition d'hydrate alcalin qui donne naissance à de l'oxyde de cuivre à l'anode; 7° en général, l'addition de cyanure de potassium est une complication tout à fait inutile des conditions d'essais pour l'analyse quantitative du cuivre ou du zinc; 8° pour le zinc, les méthodes de détermination en solution alcaline ou très faiblement acide sont facilement exécutables et donnent des résultats très exacts en travaillant avec des cathodes constituées par un réseau métallique; 9° de telles cathodes rendent très simple la détermination du zinc en solution alcaline, car elles ne nécessitent pas comme les cathodes massives un grand excès d'alcali. L. J.

Sur l'entretien des bains de nickelage, par GRÉSY (*Industrie électrochimique,* t. IX, p. 72, sept. 1905). — Lorsqu'on électrolyse un bain neutre ou ammoniacal de sulfate de nickel, il y a un dégagement gazeux aux deux électrodes, le bain devient acide et, pour un même courant, il se dépose de moins en moins de nickel à mesure que l'acidité augmente. On ne peut neutraliser le bain avec succès par addition de carbonate ou d'hydrate de nickel; d'autre part l'addition d'ammoniaque appauvrit le bain. L'addition de chlorure, par exemple de chlorure de sodium ou de chlorure de nickel, donne de bons résultats pour un certain temps, mais il se dissout plus de nickel à l'anode qu'il s'en dépose à la cathode, et le bain devient basique. Lorsqu'un bain devient trouble et qu'il se dépose de moins en moins de métal, il faut l'acidifier : il convient de prendre pour cela de l'acide sulfurique, l'acide borique et les acides organiques généralement employés n'ayant qu'un effet de courte durée.

Fabrication électrolytique de l'amidon (*Industrie électrochimique,* t. IX, p. 72, sept. 1905). — Après un lavage préliminaire, la farine est traitée par de la soude caustique et séparée du gluten; le gluten enlevé, la liqueur est envoyée dans les électrolyseurs. Ceux-ci sont constitués par des récipients carrés ayant leur fond en forme de pyramide renversée; à l'intérieur sont disposées des plaques d'aluminium ou de zinc faisant fonction d'électrodes. On peut employer indifféremment des courants alternatifs ou continus. Ce procédé, employé par la Compagnie électrosucrière de Paris, donne un amidon très pur, exempt de germes fermentescibles et surtout extraordinairement blanc.

Application du carbure de calcium et de l'acétylène aux canons paragrêles (*Revue industrielle,* t. XXXVI, p. 303, 5 août). — Le tir des canons paragrêles chargés à poudre n'est pas sans quelque danger pour les artilleurs improvisés qui sont chargés de l'effectuer; il est en outre relativement coûteux. Dans le but de diminuer à la fois le



danger et la dépense, M. Maggiora Graziani a eu l'idée d'avoir recours à l'explosion d'un mélange d'air et d'acétylène pour produire le «projectile gazeux» destiné à empêcher la formation de la grêle dans les nuages orageux. Son appareil, très ingénieux, comprend : 1° un générateur d'acétylène capable de produire du gaz dès qu'on ouvre une soupape ou un robinet; 2° une soupape électromagnétique, commandée à distance, qui permet le passage du gazogène dans le canon; 3° un appareil doseur, distributeur, allumeur, ayant pour fonction de prendre dans le générateur la quantité de gaz nécessaire pour produire une détonation, de la distribuer et de l'enflammer dans la chambre d'explosion après la formation du mélange. Nous ne croyons pas utile de décrire complètement cet appareil que nous signalons uniquement parce que son extension peut procurer un nouveau débouché au carbure de calcium; la figure ci-jointe donne d'ailleurs une idée suffisante de son ensemble.

MESURES ET ESSAIS.

Nouvel appareil pour la mesure des courants alternatifs, par E.-F. NORTHRUP. Communication présentée à la Convention annuelle de l'American Institute of Electrical Engineers, à Asheville (N. C.), le 19-23 juin 1905 (*Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIV, p. 375-391, juin 1905).

L'appareil et la méthode de mesure décrits ici ont été étudiés en vue de l'étalonnage exact et commode des ampèremètres et voltmètres à courant alternatif de capacité quelconque. Ils fournissent aussi un moyen peu coûteux de mesurer avec une grande précision des courants alternatifs très intenses, quelles que soient leur forme et leur fréquence.

Les traits principaux de la méthode sont les suivants :

1° C'est une méthode de zéro, c'est-à-dire que la mesure ne dépend d'aucun étalonnage, d'aucune détermination des constantes de l'instrument;

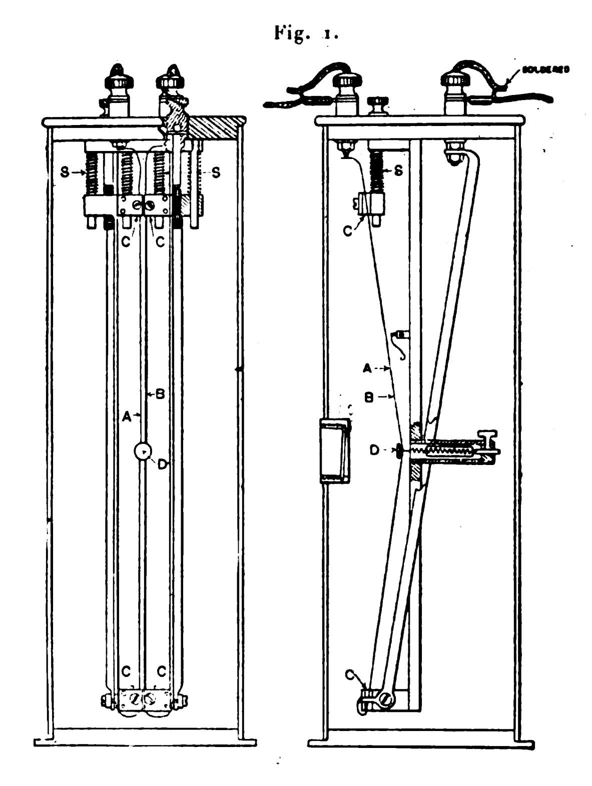
2° L'appareil est très sensible et parfaitement apériodique;

3° On peut employer l'appareil avec ou sans shunts de faible résistance : avec shunts, il peut mesurer des courants d'aussi forte intensité que l'on veut; sans shunt, sa limite de sensibilité est entre 2 et 5 milliampères;

4° La mesure, ne dépendant que de l'échauffement produit par le courant, n'est pas influencée par la forme d'onde ni par la fréquence.

Description de l'appareil. — Deux petits fils d'argent A, B, parallèles et distants l'un de l'autre de $0^{cm},4$, sont maintenus, près de leurs extrémités, par des mâchoires d'ivoire C, C (*fig.* 1). Les bouts de ces fils sont soudés à des bornes de prise de courant. Un petit disque d'ivoire D s'appuie par une de ses faces sur le milieu des deux fils; sur l'autre face est fixé un petit miroir circulaire de $12^{mm},5$ de diamètre. Au centre du disque d'ivoire s'adapte un petit crochet sur lequel agit, par l'intermédiaire d'un fil, un ressort spiral réglable. Le disque d'ivoire se maintient en place par la tension du ressort et le frottement sur les fils. Sous l'effort du ressort, les fils s'écartent en arrière de la verticale, la flèche de cet écartement est d'environ 22^{mm}. Le disque d'ivoire s'appuie sur chaque fil par l'intermédiaire d'une petite cheville d'agate creusée d'une fente pareille à celle des têtes de vis dans laquelle passe le fil. Les deux mâchoires d'ivoire qui retiennent les fils à leur extrémité supérieure peuvent se déplacer verticalement au moyen de vis; on règle ainsi la tension des deux fils de telle sorte que le plan du miroir soit perpendiculaire à la direction du ressort spiral. Dès lors, si le fil de droite, par exemple, s'allonge, le côté droit du miroir est tiré en arrière par le ressort, et l'on a une déviation à droite. Si les deux fils s'allongent d'une même longueur en même

Fig. 1.



temps, le plan du miroir ne tourne pas, mais se déplace en arrière parallèlement à lui-même. En observant le miroir au moyen d'une lunette et d'une échelle graduée, à la distance de 1^m par exemple, on peut déceler de très petites déviations.

Méthode d'emploi.— Faisons passer dans le fil A un courant alternatif d'intensité inconnue; le fil s'allonge et le miroir dévie vers la gauche. Faisons passer dans le fil B un courant continu, dont on peut faire varier et mesurer l'intensité, et ramenons ainsi la déviation à zéro. A ce moment, l'intensité du courant alternatif est égale à celle du courant continu, pourvu qu'on ait pris certaines précautions mentionnées plus loin; on a donc mesuré l'intensité du courant alternatif [1].

Mais la mesure ainsi faite ne pourrait s'appliquer qu'à des courants assez faibles pour pouvoir passer dans les petits fils d'argent. On va montrer comment l'emploi des shunts permet de mesurer des courants alternatifs d'intensité quelconque.

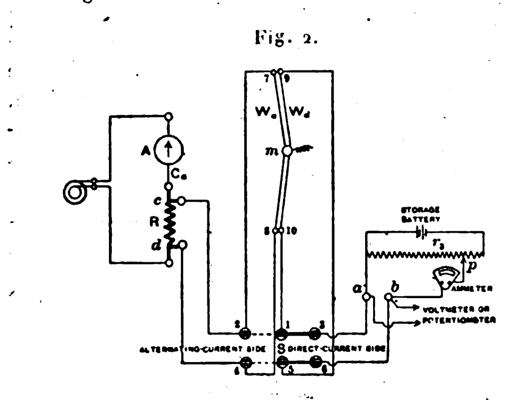
La figure 2 indique le schéma du montage. A est

---

[1] Ceci suppose que des courants égaux passant dans les fils A et B produisent des allongements égaux de ces fils. Pour le vérifier, on met les fils A et B en série, et l'on y fait passer un courant : la déviation du miroir doit être nulle ou très faible.

l'ampèremètre alternatif à étalonner, S est un commutateur à deux directions, W_a et W_d sont les deux fils d'argent et m le miroir. R est un shunt de faible

Fig. 2.



résistance, de préférence en manganine, muni de prises de courant c et d, entre lesquelles la résistance R a été mesurée. L'ampèremètre à courant continu, indiqué à droite, peut mesurer de 1 à 2 ampères, r_3 est une résistance linéaire le long de laquelle se déplace un curseur p, de sorte que la tension entre a et b peut varier depuis zéro jusqu'à la tension totale de la batterie d'accumulateurs (deux éléments par exemple).

Des points a et b partent des fils qui vont s'attacher soit à un voltmètre étalon de laboratoire, soit à un potentiomètre.

L'appareil étant installé, il faut en régler les résistances de façon permanente de telle sorte qu'on ait, à une température convenable :

Résistance 9 à 10 = 7 à 8
» 10 à 1 + 9 à 5 = 8 à 4 + 7 à 2
» 2 à c + 4 à d = 3 à a + 6 à b

On remarquera que, lorsque l'interrupteur S est fermé du côté du courant alternatif, les deux fils W_a et W_d sont en parallèle; que les deux circuits ainsi mis en parallèle ont la même résistance par construction, et qu'à ces deux circuits on applique entre les deux points 2 et 4 la même différence de potentiel, qui n'est autre que la chute ohmique due à la résistance R traversée par le courant alternatif. Cette chute ohmique étant peu importante, n'est que faiblement diminuée quand la résistance R se trouve shuntée par les deux fils d'argent ou par l'un d'eux seulement. En négligeant cette baisse de tension, ce qui est légitime comme on le verra plus loin, on constate que, lorsque l'interrupteur S est fermé du côté du courant alternatif, des courants égaux passent dans les deux fils, ces courants étant égaux chacun à celui qui passerait dans le fil W_a seul, si l'interrupteur S était ouvert. Les résistances des circuits en parallèle ayant été amenées à l'égalité, les deux fils d'argent reçoivent donc des courants égaux, ils s'allongent de quantités à très peu près égales, et le miroir m recule en restant parallèle à la position qu'il avait pour un courant nul.

Fermons l'interrupteur S du côté du courant continu ; la différence de potentiel aux bornes de la résistance R est maintenant appliquée au fil W_a seul, tandis que la tension continue entre les points a et b est appliquée au fil W_d. On peut faire varier cette tension entre a et b au moyen du curseur p et la mesurer à l'aide d'un voltmètre ou d'un potentiomètre. L'ampèremètre indique le courant qui passe dans le fil W_d.

La résistance R peut être faite pour supporter des courants aussi intenses qu'on veut. On peut aussi la munir de plusieurs prises de courant, de sorte que la tension appliquée à l'appareil, du côté du courant alternatif, ait toujours à peu près la même valeur. La meilleure valeur à adopter pour cette tension est de 0,25 à 0,5 volt. Pour mesurer la tension continue entre a et b, on emploiera un voltmètre étalon dont la déviation totale correspondra à 0,75 volt environ. Pour étalonner l'ampèremètre alternatif A (dont la capacité peut avoir une valeur quelconque supérieure à 1 ampère), on procédera ainsi :

Le shunt R et les prises de courant sont choisis de telle sorte que, lorsque l'ampèremètre dévie jusqu'au bout de sa graduation, la chute de tension entre c et d soit comprise entre 0,25 volt et 0,6 volt, et de préférence égale à 0,5 volt. Si l'ampèremètre donne des indications à peu près correctes, on peut, la valeur de R étant connue, augmenter progressivement l'intensité dans l'ampèremètre et le shunt jusqu'à ce qu'on ait obtenu entre c et d la tension convenable, c'est-à-dire celle qui correspond au maximum de sensibilité de l'appareil. Si l'ampèremètre ne peut donner aucune indication sur la valeur du courant, on peut laisser l'interrupteur S ouvert et augmenter le courant dans R jusqu'à ce que le miroir m dévie jusqu'au bout de sa graduation ; la chute de tension dans R sera alors à peu près celle qui convient à l'appareil.

Ce réglage fait, on ferme l'interrupteur S du côté du courant alternatif, l'appareil prend alors sa position de zéro, qui doit être la même que lorsque aucun courant ne passe. Ayant repéré le zéro, on ferme l'interrupteur S du côté du courant continu. L'appareil subit aussitôt une déviation, jusqu'à ce que, par le moyen du curseur p, on ait amené la tension continue entre a et b à équilibrer la tension alternative entre c et d; l'appareil revient alors au zéro. Cet équilibrage peut se faire avec une grande précision, soit à 0,04 pour 100 près. On lit alors l'indication du voltmètre, celle de l'ampèremètre à courant con-

tinu et celle de l'ampèremètre alternatif à étalonner. Avec ces lectures, on a toutes les données nécessaires pour étalonner très exactement un point de la graduation de l'ampèremètre. On recommence pour les autres points en faisant varier l'intensité du courant alternatif et la résistance du shunt R.

En pratique, on ne se sert pas de l'ampèremètre à courant continu, on détermine seulement, par une première série de lectures, les indications que donne cet instrument pour les différentes valeurs qu'on fait prendre à la tension entre a et b. Les fils, les contacts du montage et le voltmètre restant les mêmes, le courant dans le circuit pb (*fig.* 2) est une certaine fonction de la tension entre a et b. On détermine cette fonction par l'expérience et on la représente par une courbe. Ceci fait, il n'y a plus, pour faire l'étalonnage d'un ampèremètre à courant alternatif, qu'à repérer le zéro de l'appareil de comparaison et à lire les indications d'un voltmètre et de l'appareil lui-même. L'intensité C_a du courant alternatif qui passe dans l'ampèremètre A à étalonner est donnée par la formule

$$C_a = \frac{r - R}{rR} E + C = KE + f(E), \tag{1}$$

r étant la résistance du voltmètre, R celle du shunt employé, E la différence de potentiel qu'indique le voltmètre et C l'intensité du courant dans le circuit p. K est une constante et, comme il suffira de donner à R dix valeurs différentes pour pouvoir employer toutes les intensités entre 1 ampère et 1000 ampères, les valeurs de K peuvent être calculées une fois pour toutes. On peut d'ailleurs, en choisissant convenablement les valeurs de R, faire prendre à K les valeurs commodes 10, 100, etc. Quant à la fonction $f(E)$, sa valeur est fournie par les ordonnées de la courbe tracée plus haut; cette valeur est d'ailleurs ordinairement petite par rapport à celle de KE et n'a pas besoin d'être exactement connue.

Nous reproduisons en Note [1] le calcul par lequel s'obtient la formule (1).

La différence de potentiel E peut se mesurer plus exactement avec un potentiomètre qu'avec un voltmètre, et comme l'appareil à courant alternatif qu'on vient de décrire est au moins quatre ou cinq fois plus sensible qu'un grand voltmètre Weston de laboratoire, il est bon, quand on veut obtenir une grande précision, de se servir d'un potentiomètre.

Si l'intensité à mesurer est inférieure à 1,5 ampère, on peut se passer de shunt et faire passer tout le courant dans l'appareil. P. L.

---

[1] Soit x la résistance de la portion de circuit comprise entre c et d par le fil W_a; la résistance de a à b par le fil W_d est égale à x, quand des courants d'intensité égale passent dans les deux fils. Cette hypothèse est suffisamment correcte en pratique, car les résistances des deux circuits ont été égalisées à la température de la salle et, puisque les fils dont sont formés ces deux circuits sont absolument semblables, l'égalité de leurs résistances se maintient quand l'un et l'autre sont échauffés par des courants d'égale intensité. On a alors

$$C_a = \frac{E_a}{R} + C^1,$$

E_a étant la chute de tension de c à d et C^1 l'intensité dans W_a. Quand l'équilibre est obtenu dans l'appareil, on a $E_a = E$, E étant la différence de potentiel lue sur le voltmètre. Soit C_1 l'intensité dans W_d quand l'équilibre est réalisé, C_2 l'intensité dans le voltmètre et C l'intensité dans l'ampèremètre; on a

$$C = C_1 + C_2.$$

On a d'ailleurs, r étant la résistance du voltmètre,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{r}{x},$$

d'où

$$C_1 = \frac{r}{r + x} C.$$

On a aussi

$$\frac{E}{x} = C_1 \quad \text{ou} \quad x = \frac{E}{C_1},$$

ce qui donne

$$C_1 = \frac{rC - E}{r}.$$

Quand l'appareil est équilibré, on a $C^1 = C_1$, ce qui donne

$$C_a = \frac{E}{R} + \frac{Cr - E}{r} = \frac{r - R}{rR} E + C,$$

$\frac{r - R}{rR}$ = une constante K, et C est une fonction de E, $f(E)$.

On peut donc écrire :

$$C_a = KE + f(E).$$

L'expression $\frac{r - R}{rR}$ peut s'écrire $\frac{1 - \frac{R}{r}}{R}$, qui devient $\frac{1}{R}$ pour r infini. Donc, si l'on emploie, pour lire la différence de potentiel entre a et b, un potentiomètre au lieu d'un voltmètre, la formule devient :

$$C_a = \frac{E}{R} + C = \frac{E}{R} + f_1(E).$$

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : — GENERAL ELECTRIC C°. BP. 20609, 1904. — GEYER. BP. 16815, 1904. — HOOKHAM. BP. 20219, 1904. — JAVAUX. BP. 21307, 1904. — KIMBALL. USAP. 797517, 25 août 1904. — KITSEE. USAP. 793035. 17 novembre 1902. — SOCIÉTÉ GENEVOISE BF. 353896, 3 mai 1905. — STEINMETZ. USAP. 790368, 21 novembre 1896. — UNION ELEKTRICITAETS-GES. BP. 15942, 1904.

Appareils divers : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. BP. 15701, 1904. — CARPENTIER. BF. 354772, 30 mai 1905 (phasemètre). — CYON. BP. 14847, 1904 (indicateur de température). — EVERSHED et VIGNOLES. BP. 17808, 1904 (instruments de mesure).

DIVERS.

Sur quelques propriétés des rayons α du radium, par H. Becquerel (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 485-490, 11 septembre 1905). — De recherches faites par l'auteur en 1903 (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 199, 431, 977 et 1517), il résultait que le faisceau des radiations α émis par le radium se comporte comme homogène dans un champ magnétique et que la trajectoire de ses particules dans un plan normal au champ est une courbe dont le rayon de courbure croît avec la longueur de la trajectoire. Ce rayon de courbure ρ, devant satisfaire à la relation $H\rho = \frac{m}{e} v$, son augmentation a été expliquée par M. Becquerel en supposant que c'est la masse matérielle m de la particule qui augmente, cette particule pouvant recueillir sur son parcours d'autres particules matérielles. — Cette explication n'a pas été admise par divers auteurs. En 1904, MM. Bragg et Kleeman, après avoir montré (*Phil. Mag.*, 6e série, t. VIII, p. 719 et 726) que la loi représentant l'ionisation de l'air en fonction de la distance à la source présente plusieurs changements brusques dont le premier pour une distance de 3cm, ont émis l'idée que l'absorption ralentissait les rayons α; dès lors, les rayons émis par des couches inégalement profondes de la source elle-même seraient inégalement ralentis par leur passage à travers les couches supérieures et leur action s'arrêterait à des distances inégales de la source; ces rayons, inégalement pénétrants et dont les trajectoires seraient d'autant moins infléchies qu'elles vont plus loin, donneraient, pour le lieu des points d'absorption totale (supposés être seuls efficaces), une trace dont le rayon de courbure irait en augmentant. Plus récemment, M. Rutherford a adopté ces hypothèses en les appuyant sur une importante expérience (*Phil. Mag.*, 6e série, t. X, p. 163, juillet 1905) : reprenant exactement le dispositif employé par M. Becquerel, mais opérant dans le vide, et se servant comme source active, non plus d'un sel de radium, mais d'un fil activé par l'émanation du radium, M. Rutherford a observé que, en couvrant ce fil avec un nombre progressivement croissant de feuilles d'aluminium, on obtenait, sur des plaques photographiques parallèles à la fente, des traces parallèles qui, pour un même champ magnétique, étaient de plus en plus écartées; l'augmentation de déviabilité devait dès lors être attribuée à une diminution de vitesse, et M. Rutherford concluait que l'augmentation du rayon de courbure observée par M. Becquerel devait s'expliquer par la présence de rayons animés d'inégales vitesses. — Bien que les épreuves obtenues par M. Becquerel en 1903 ne présentassent pas le bord estompé qu'elles devraient avoir suivant les explications de MM. Bragg et Kleeman, et que, en outre, elles n'accusent nullement la dispersion magnétique que devrait donner un faisceau de rayons de vitesses inégales, M. Becquerel a tenu à refaire ses premières expériences en interposant sur l'une des moitiés du faisceau de radiations du radium des feuilles d'aluminium de diverses épaisseurs; dans toutes les expériences, les deux traces parallèles des deux moitiés du faisceau se sont trouvées exactement dans le prolongement l'une de l'autre et n'ont pas présenté le décalage auquel on devait s'attendre d'après la publication de M. Rutherford. Il faut donc en conclure que la propriété observée par ce dernier est relative à des rayons particuliers émis par le fil activé qui lui servait, et que les interprétations de MM. Bragg, Kleeman et Rutherfordsont à rejeter. — Dans la suite de sa Communication, M. Becquerel réfute quelques autres interprétations émises par ces savants, soit dans les deux Mémoires indiqués plus haut, soit dans un Mémoire plus récent (*Phil. Mag.*, 6e série, t. X, p. 316, septembre 1905) de MM. Bragg et Kleeman.

Sur l'influence de l'éclipse solaire du 30 août 1905 sur le champ magnétique terrestre à Paris, par Th. Moureaux (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 471, 4 sept. 1905). — Deux instruments empruntés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, un déclinomètre et un bifilaire, ont été installés, à Poissy, dans des conditions spéciales de sensibilité. La période d'observation s'étend du 19 août au 2 septembre. Les résultats définitifs sont nécessairement subordonnés au dépouillement complet des courbes du 30 août et à leur comparaison avec celles de toute la série; on peut toutefois donner dès maintenant les résultats suivants : — La situation magnétique a été légèrement, mais fréquemment troublée le 30 août, comme la veille et le lendemain. Pendant l'éclipse, la déclinaison a subi plusieurs oscillations perturbatrices, dont l'amplitude extrême est de près de 4 minutes; le minimum le plus accentué s'est produit à 0h36m et le maximum à 1h54m. La composante horizontale est passée également par plusieurs oscillations, avec le minimum absolu à 0h6m, peu après le commencement de l'éclipse et le maximum à 2h27m, quelques minutes avant la fin; l'écart total est d'environ 0,00030 C.G.S. — Ces écarts sont de beaucoup supérieurs à la variation diurne régulière pendant le temps de l'éclipse; normalement, en août, la déclinaison ne varie pas de plus de 0,00008 entre 0h et 2h.

Sur la direction de l'aimantation permanente dans une argile métamorphique de Pontfarein (Cantal), par B. Brunhes (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 567, 2 oct. 1905). — On sait que l'argile ferrugineuse s'aimante sous l'influence du champ magnétique terrestre et que la cuisson rend cette aimantation permanente. Folgheraiter a utilisé cette propriété pour déterminer la valeur de l'inclinaison magnétique aux temps de l'ancienne Rome, en étudiant l'aimantation des poteries étrusques et romaines; M. Bernard Brunhes l'a appliquée plus tard à la détermination de la direction du champ magnétique terrestre aux temps préhistoriques, en étudiant l'aimantation des bancs d'argile cuite par les coulées de lave dans la région volcanique de l'Auvergne. Dans la Note qui nous occupe, M. Brunhes signale un résultat intéressant qu'il a obtenu avec une argile cuite du Cantal : les divers échantillons ont présenté une direction d'aimantation uniforme, *avec le pôle nord actuel du côté du sud et en haut*. L'inclinaison, définie par l'angle que fait avec la verticale dirigée vers le bas la moitié nord de l'aiguille, était donc négative (d'environ — 75°) au moment où l'argile a été cuite. Folgheraiter avait déjà conclu de ses travaux que l'inclinaison était négative en Italie 5 ou 6 siècles avant notre ère; mais cette conclusion était contestée, des considérations théoriques semblant s'opposer à ce que l'inclinaison ait pu être négative. L'observation de M. Brunhes paraît à l'abri des objections faites aux mesures de Folgheraiter : l'argile étudiée se trouve dans la position où elle a été cuite, car, si un soulèvement local avait retourné la couche d'argile, on la trouverait au-dessus du basalte et non au-dessous; une perturbation magnétique purement locale et qui aurait aujourd'hui disparu est difficilement admissible, l'aimantation étant uniforme sur plus de 100m de longueur; enfin cette même raison écarte l'hypothèse d'une aimantation par la foudre. Il faut donc admettre que l'inclinaison a été réellement négative en Europe.

Conduction de l'électricité à travers le vide extrême sous l'influence des substances radioactives, par R.-J. Strutt (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 157-158). — Dans le vide extrême, il se produit une déperdition rapide, la même pour l'électricité positive ou négative : cette déperdition est grande relativement au courant transporté par les rayons α. Elle doit être distinguée de celle qui est due à l'ionisation des gaz et semble actuellement difficile à expliquer.

M. L.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

La technique des courants alternatifs, à l'usage des électriciens et des ingénieurs, par GIUSEPPE SARTORI, Ingénieur, Professeur à l'Institut technique de Milan et à l'École supérieure de constructions navales de Trieste, traduit de l'italien par J.-A. MONTPELLIER. Tome second : *Développements et calculs pratiques relatifs aux phénomènes du courant alternatif.* 1 vol. gr. in-8 de 636 pages, avec 287 figures dans le texte. Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix : broché, 20fr; cartonné, 21fr,50.

L'Ouvrage de M. Sartori constitue certainement une nouveauté quant à la manière d'exposer son sujet. Cette méthode, susceptible d'ailleurs de généralisation, consiste à donner, à ses auditeurs ou lecteurs, d'abord une idée nette et précise du phénomène qu'il veut leur expliquer, en se plaçant au point de vue purement expérimental, puis à en déduire toutes les considérations théoriques qu'il comporte. C'est le système suivi, voire même rendu obligatoire aujourd'hui en France pour l'enseignement de la Physique et qui a donné déjà d'excellents résultats. Nous croyons donc utile de donner, sur cette question pleine d'actualité et d'une importance pédagogique considérable, l'opinion du savant professeur. « Nous pensons, dit M. Sartori, dans sa Préface, qu'il n'est pas superflu de faire remarquer ici que, dans notre enseignement, toutes les fois que nous abordons l'étude d'un nouveau phénomène, nous commençons toujours par l'étudier au point de vue physique et descriptif; ce n'est qu'après avoir acquis la conviction que tous les auditeurs ont parfaitement compris le mécanisme du phénomène et la fonction précise d'une machine que nous abordons les calculs pratiques et les développements complémentaires. En procédant ainsi, nous avons toujours obtenu d'excellents résultats, parce qu'il est certain que, même l'ingénieur familiarisé avec la méthode mathématique, lorsqu'il s'agit d'étudier un phénomène, arrive plus facilement à se rendre compte du fonctionnement d'un appareil ou d'une machine lorsqu'il s'est préalablement formé une idée nette et précise des phénomènes qui se produisent, en les examinant d'abord au point de vue purement physique. Au contraire, en accumulant formules sur formules, il n'est pas toujours facile de les interpréter exactement, tandis que leur interprétation n'exige aucun effort lorsqu'on quitte le domaine des abstractions pour entrer dans celui de la réalité. Cette méthode d'étude a, en outre, le grand avantage de rendre plus faciles les applications du calcul aux cas de la pratique. Pour ce qui est des applications numériques, elles facilitent beaucoup l'intelligence du texte et permettent d'acquérir une connaissance complète des phénomènes. Sans exemples pratiques, l'enseignement reste lettre morte et un livre sans exemple peut être comparé à une maison sans porte. »

Le premier Tome, dont nous avons donné un compte rendu bibliographique, renferme la partie expérimentale et descriptive; avec le Tome second nous entrons dans le domaine de la théorie. L'auteur s'est proposé d'écrire un ouvrage complet et accessible seulement aux électriciens possédant une instruction mathématique élevée, car tous ses calculs sont basés sur la méthode des imaginaires qui est appelée, elle aussi, à un grand développement grâce à sa simplicité et à la rapidité avec laquelle elle conduit à la solution des problèmes les plus compliqués. Les constructions graphiques tiennent une place importante, ainsi d'ailleurs que les applications pratiques qui font bien ressortir la supériorité de la méthode symbolique. En résumé, livre excellent à consulter par tous ceux qui désirent acquérir une connaissance complète des alternateurs, des transformateurs, des moteurs, etc., au point de vue de leur emploi dans l'industrie et non au point de vue de leur construction. Cette catégorie de lecteurs est d'ailleurs la plus nombreuse. Nous donnons ci-dessous les titres des Chapitres qui composent le Tome second: I. Phénomènes périodiques et manière de les représenter. — II. Phénomènes d'induction électromagnétique. — III. Phénomènes d'induction mutuelle et de self-induction. — IV. Courant alternatif et impédance d'un circuit. — V. Valeurs particulières des grandeurs électriques périodiques. Instruments de mesure. — VI. Forme des courbes des grandeurs alternatives. — VII. Effets produits par une capacité dans un circuit parcouru par un courant alternatif. — VIII. Bobines de réactance. — IX. Systèmes de courants alternatifs et mesures s'y rapportant. — X. Champs magnétiques produits par les courants alternatifs. — XI. Alternateurs (prédétermination de la chute de potentiel par les méthodes de Potier et Behn-Eschenburg). — XII. Transformateurs statiques. — XIII. Moteurs synchrones (diagramme bipolaire de M. Blondel). — XIV. Moteurs asynchrones polyphasés (diagramme de Heyland). — XV. Moteurs asynchrones à courant alternatif simple. — XVI. Transformateurs tournants. — XVII. Couplage des alternateurs. — XVIII. Méthodes industrielles de mesure du rendement. — XIX. Lignes de transmission. — Systèmes de distribution. — Il ne nous reste plus qu'à remercier M. Montpellier pour l'élégance et la clarté de sa traduction qui ne sont pas un des moindres charmes de ce Livre. T. P.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

L'Exposition de Liége.

Nous avons visité rapidement dans un précédent article la partie des halles de la Section belge, réservée aux machines en mouvement; continuons notre promenade en nous arrêtant aux stands des maisons électriques.

Le stand de la Société anonyme des Ateliers de Constructions électriques de Charleroi s'offre le premier à notre examen. Placé à gauche du tableau général de distribution, il occupe une superficie de 250$^{m^2}$; on peut juger par là de l'importance de la participation de cette puissante société. A l'entrée se trouve un égalisateur de tension utilisé par le service électrique de l'Exposition, sa puissance est de 17 kilowatts, il est du type de l'Etat belge et est destiné à ce dernier. Près de ce groupe, nous voyons un transformateur rotatif du même type.

Les Ateliers de Constructions électriques de Charleroi se sont fait une spécialité de l'étude et de la construction des machines électriques pour mines. Au centre du stand est exposé un moteur triphasé de 136 chevaux sous 2000 volts, dont le rotor, tournant à une vitesse de 160 tours par minute, attaque directement une pompe d'exhaure. Ce moteur est destiné à la Société anonyme des Charbonnages d'Amercœur où un premier moteur du même type est déjà en service. Mentionnons également une locomotive à accumulateurs destinée au même charbonnage. Construite pour une voie de 0^m,50 de largeur, cette locomotive a 1^m,20 d'empattement. Elle est munie de deux moteurs de 6 chevaux chacun, dont les coussinets sont à billes. Le poids total de cette machine est de 6 tonnes, y compris les 3,8 tonnes que pèsent les accumulateurs : elle peut remorquer 6,5 tonnes en rampe et 16 tonnes en palier ou en pente. Le travail qu'elle est appelée à effectuer consiste à remorquer quinze rames de wagonnets du poids total ci-dessus indiqué, en 5 heures. Le nombre des éléments Tudor renfermés dans cette machine est de trente-six. La partie minière de cette exposition est complétée par une série de photographies au nombre desquelles on remarque celle de la machine d'extraction électrique du puits Sainte-Elisabeth des Charbonnages de Velaine-sur-Sambre.

Nous trouvons ensuite le matériel pour tramways : moteurs, controllers série-parallèle avec freinage, résistances, interrupteurs. Deux moteurs complets avec engrenages et montés sur trains de roues sont remarquables par leur construction robuste et soignée.

Les Ateliers de Constructions électriques de Charleroi construisent des dynamos à attaque par courroie de 200 à 300 chevaux, quelques spécimens de différentes puissances sont exposés sur le stand. A signaler entre autres une dynamo de 115 volts, 1130 ampères dont les collecteurs et les porte-balais sont remarquables par leur robustesse et leur agencement judicieux.

Parmi les moteurs, il convient de mentionner une série de petits moteurs triphasés, munis de paliers à billes et d'un dispositif intéressant de mise en court-circuit des bagues et de levage des balais; une série de moteurs monophasés Heyland de 2 à 8 chevaux et une série de moteurs cuirassés pour ponts roulants qui, étant destinés à fonctionner dans des endroits presque inaccessibles, et où, par suite, la surveillance est impossible, sont complètement protégés contre la poussière et l'humidité.

Nous rencontrons encore dans ce stand un tableau de distribution muni de tous les appareils construits dans les ateliers de la Société, à Charleroi : interrupteurs et fusibles pour toutes tensions, interrupteurs à commande électrique pour haute tension, dont l'un construit pour 12000 volts est muni d'un dispositif de descente mécanique des bacs.

Enfin, nous voyons une commutatrice en cascade système Arnold actionnée par un moteur asynchrone normal dont le rotor est claveté sur l'arbre de la commutatrice, L'enroulement de la partie tournante du moteur est monté en série avec l'induit de la commutatrice. Le groupe peut servir soit de moteur à courant alternatif sans décalage, soit de générateur de courant alternatif avec ou sans compensation. Ce système a reçu de nombreuses applications, notamment aux Etats-Unis et en Allemagne.

Nous rappellerons, en terminant, que toutes les branches de l'industrie : mines, carrières, industries du fer et industries textiles, tramways, transports et éclairage, trouvent aux Ateliers de Constructions électriques de Charleroi le matériel dont elles ont besoin.

La Compagnie internationale d'électricité, outre les nombreuses dynamos que nous avons rencontrées dans notre promenade à travers le hall des machines et les moteurs actionnant des machines-outils, expose dans son stand une très intéressante collection des produits de ses ateliers, toujours plus prospères, du quai de Coronmeuse.

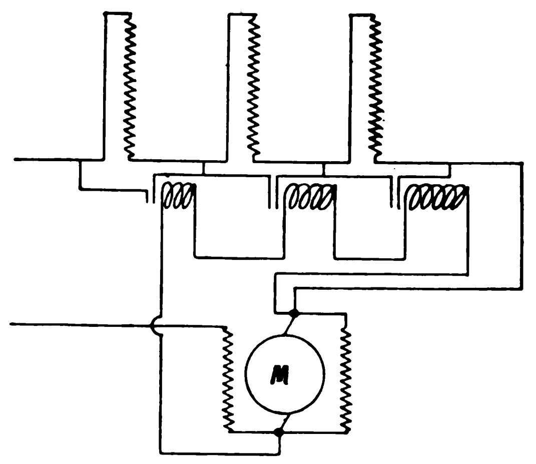
Nous y rencontrons en premier lieu un cabestan électrique du type de ceux employés par la ville d'Anvers pour le service du port. On sait que, par suite du mauvais rendement et de la difficulté d'entretien des cabestans hydrauliques, leur remplacement par des appareils électriques a fait l'objet de nombreuses études. Le modèle présenté par la Compagnie internationale peut être considéré comme l'une des belles conceptions de la technique moderne.

Ce cabestan fournit un effort de traction de 1250^{kg} avec une vitesse de 1^m,10 par seconde. Tout le mécanisme est logé dans une fosse de 1^m de large sur 2^m de long. Il est supporté par une taque en fonte pivotant autour d'un axe horizontal perpendiculaire au grand côté. Les poids du moteur de la poupée et du mécanisme se font parfaitement équilibre, à tel point qu'un

homme peut sans effort faire subir à tout le système une demi-rotation et amener ainsi tous les appareils à la surface du sol. Dans la position normale, de même que dans la position renversée, deux verrous placés symétriquement maintiennent tout l'ensemble en repos. On conçoit aisément les avantages précieux de ce système, pour l'examen, l'entretien et les réparations éventuelles du cabestan.

Il restait un autre problème à résoudre pour rendre pratique l'application de l'électricité à un appareil destiné à être conduit par les mains inhabiles, ou du moins inexpérimentées, des manœuvres du port : nous voulons parler du démarrage.

Le controller a fait l'objet d'études toutes spéciales de la Compagnie internationale. La mise en marche se fait au moyen d'une pédale ; le courant passe à travers un interrupteur à maxima et une série de résistances.



Ces résistances se mettent automatiquement en court-circuit par un moyen aussi simple qu'ingénieux. On sait qu'au démarrage la force contre-électromotrice est nulle, par suite le courant passant dans un circuit reliant les deux balais est sensiblement nul. Mais, à mesure que la vitesse du moteur augmente, la force contre-électromotrice croît, ainsi que l'intensité du courant dans le circuit reliant les balais. Dans ce circuit sont installés des solénoïdes dont la puissance attractive est décroissante et dont le rôle est de mettre successivement en court-circuit les résistances du rhéostat. La manœuvre se fait donc automatiquement et sans que le moindre accident puisse se produire.

Le moteur est du type compound, il a une puissance de 25 HP et est horizontal. Sur son arbre se trouve une vis sans fin en acier Martin Siemens, attaquant une roue hélicoïdale en bronze phosphoreux placée directement sur l'axe de la poupée.

Aussitôt que la pédale est lâchée, il se produit un freinage électrique très puissant, capable d'arrêter le moteur en un cinquième de tour.

La Compagnie internationale expose une collection de moteurs normaux, de moteurs cuirassés pour ponts roulants et carrières et de moteurs pour tramways. Tous présentent les mêmes qualités de robustesse, d'élégance et de compacité.

Dans une section réservée au triphasé se trouve un tableau d'arrivée du courant à 3000 volts produit au stand de la Société *le Phœnix* par un alternateur destiné aux charbonnages d'Abhooz. Une partie de ce courant est transformée en courant continu par un transformateur rotatif et sert à alimenter des moteurs de 220 volts. Un transformateur statique d'essai, immergé dans de l'huile, porte la tension à 30000 volts tandis que d'autres petits transformateurs industriels l'abaissent à 220 volts, afin d'alimenter toute une série de petits moteurs construits pour cette tension. Parmi ces petits moteurs triphasés, une nouveauté digne d'attention est un moteur Meller bobiné en cage d'écureuil ; par un dispositif ingénieux on peut modifier le nombre de pôles et par suite obtenir à égalité de rendement trois vitesses : de 500, 1000, et 1500 tours.

Nous rencontrons encore dans ce stand intéressant un petit palan électrique d'une tonne, deux groupes compensateurs de 24 chevaux chacun utilisés par le service électrique de l'Exposition et destinés à l'État belge, et une collection de lampes à arc C.I.E. dont la réputation n'est plus à faire.

Dans un prochain article, nous décrirons plus en détail un nouveau système d'éclairage des trains, brevet L'Hoest-Pieper, étudié et réalisé par la Compagnie et exposé dans la section des chemins de fer.

Disons, pour clôturer cette visite au stand de la Compagnie internationale d'Électricité, que cette importante Société s'est acquis une renommée bien méritée dans l'application de l'électricité aux machines d'exhaure et aux machines d'extraction.

La MAISON JASPAR, si connue en France en raison surtout des liens d'amitié qui unissaient son fondateur à Gramme, expose une collection intéressante de moteurs, parmi lesquels nous remarquons particulièrement les moteurs Couffinal, que ses ateliers sont seuls à produire à Liége.

On sait l'intérêt que présentent pour les constructeurs-mécaniciens les moteurs à vitesse variable. Le type Couffinal a résolu très élégamment le problème par le déplacement des pièces polaires et la variation de l'entrefer qui en résulte.

Ce déplacement est progressif et simultané, par suite les variations de vitesse sont elles-mêmes progressives. Bien qu'elles puissent se produire entre de larges limites, ces modifications n'entraînent aucun crachement au collecteur, ce qui, on le conçoit, est d'une grande importance.

En outre, la puissance et le rendement du moteur restent sensiblement constants quelle que soit son allure.

Sans entrer dans des détails qui sortiraient du cadre de cet article, disons encore que l'écartement des pôles se fait au moyen d'une genouillère simple dont les deux branches sont reliées aux pôles d'une part et, d'autre part, à une tige filetée. Le déplacement de la tige dans un écrou faisant corps avec la carcasse se produit au moyen d'un petit volant de manœuvre.

On peut voir fonctionner dans le stand Jaspar toute une série de fraiseuses de différents modèles, commandées par des moteurs Couffinal.



Une collection de moteurs ordinaires et de moteurs type État se trouve également exposée.

Enfin nous rencontrons une petite dynamo polymorphique de laboratoire pouvant débiter du courant continu et mono- bi- tri- et tétraphasé, destinée au cours d'électricité de Seraing.

La Société Force-Éclairage de Bruxelles, s'occupant exclusivement d'installations, expose dans son stand quelques-uns des produits dont elle a le monopole en Belgique.

Nous y trouvons des petits ventilateurs *Comfort* qui. oscillant autour d'un axe vertical dans un mouvement alternatif produit par l'action du courant d'air sur une ailette servant de gouvernail, laquelle change de position automatiquement, étendent leur effet rafraîchissant à une zone dont l'étendue est fixée d'avance.

Les lampes *Excello*, à crayons minéralisés et convergents, donnent une lumière rouge de bel aspect et ont un excellent rendement. Une centaine de ces arcs, disséminés dans les jardins de l'Exposition et dans quelques concessions, ont été très appréciés.

Nous rencontrons encore un petit marteau-pilon à électro-aimant absorbant 35 ampères sous 440 volts et dont la puissance de percussion est de 150^{kg}; un projecteur électrique et un système d'aiguillage électrique en miniature.

La Société Force-Éclairage est concessionnaire pour la Belgique des anciens établissements Garb-Lahmeyer, d'Aix-La-Chapelle, des lampes Kœrting et Mathiessen et d'autres ateliers de construction des pays voisins.

Depuis quelques années la Maison Beer, de Jemeppe, a joint à ses ateliers de constructions mécaniques un département pour la construction du matériel électrique, spécialement des dynamos, des moteurs et de leurs accessoires. Bien que se spécialisant dans les constructions mixtes, la maison Beer a déjà recueilli de beaux succès dans la partie purement électrique.

Nous voyons dans son stand une série de machines en mouvement. En premier lieu une génératrice de 125 ampères sous 440 volts commandée par une machine horizontale à déclic et destinée à l'Etat belge.

Le courant produit est utilisé par une pompe express actionnée par un moteur de 200 ampères 570 volts, tournant à 200 tours et capable de refouler 125$^{m^3}$ d'eau à une hauteur de 550^{m} en une heure. Cette pompe et son moteur, de même qu'un compresseur électrique exposé à proximité, sont destinés aux charbonnages de Bascoup. Nous rencontrons encore un transformateur rotatif commandé par l'Etat et dont la mission est d'abaisser la tension de 440 volts à 110 volts. Un autre groupe générateur, remarquable par sa compacité, est formé d'une machine verticale compound accouplée à une génératrice de 300 ampères 440 volts. L'ensemble est destiné aux Charbonnages de Monceau-Fontaine.

Mentionnons pour finir un petit moteur de 3 chevaux type Etat commandant une scie circulaire.

La maison Beer est très appréciée en Belgique, tant par le fini de sa production que par la science de son bureau d'études.

Bien qu'autrichienne, la Société Vulkan a son stand situé en plein dans la section belge. Nous pouvons donc, sans trop déroger à notre programme, terminer notre promenade en jetant un coup d'œil sur l'embrayage électromagnétique à friction que cette société expose. Cet appareil n'a pas seulement le mérite de la nouveauté, il présente de grands avantages, tant au point de vue de la facilité de manœuvre à toute distance, qu'à celui de l'économie d'entretien, de la sécurité, et de la bonne marche des appareils commandés.

Comme tout embrayage, l'appareil Vulkan est composé de deux parties. La première comprenant un électro-aimant en forme de cloche tourne librement avec l'arbre moteur. La seconde, un simple disque claveté sur l'arbre récepteur, est attirée par l'électro-aimant, et le frottement des deux parties, se produisant sur un tore de section rectangulaire en bois dur, produit l'embrayage.

On voit que ce système est extrêmement simple, nous avons pu nous convaincre par notre visite au stand Vulkan, qu'il est également très pratique et qu'il fonctionne fort bien.

Louis L'Hoest.

L'inauguration du monument Gramme, à Liége.

C'est en France que Gramme réalisa la première machine pratique pour la production du courant continu; c'est aussi en France qu'il reçut les premiers honneurs que méritait sa découverte. Mais la Belgique s'est souvenue que Gramme était un de ses enfants, et que l'industrie belge avait été l'une des premières à profiter de son invention. Déjà en mars 1898 une imposante manifestation eut lieu à Bruxelles en l'honneur de Gramme à l'occasion de sa promotion au grade de commandeur dans l'ordre de Léopold; samedi dernier, 7 octobre, l'inauguration d'un monument à la mémoire de Gramme sur l'une des places de Liége donna lieu à une manifestation non moins imposante à laquelle prirent part de nombreux électriciens français.

C'est en 1903 que quelques Liégeois émirent l'idée d'élever un monument à Gramme sur l'une des places de Liége, ville dans le voisinage de laquelle Gramme était né en 1826, où il acquit de 1851 à 1855 ses premières notions théoriques et où il vint habiter quelques années avant sa mort survenue en 1901. Présentée à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége, dont Gramme était membre honoraire depuis 1898, cette proposition fut favorablement accueillie et un Comité fut nommé immédiatement pour la mettre à exécution. Ce Comité, présidé par M. Frédéric Nyst, Président de l'Association, et autour duquel ne tardèrent pas à se grouper les notabilités de la Science et de l'Industrie électrique, ouvrit une souscription publique. Aux 74 000^{fr} que rapporta celle-ci s'ajoutèrent des subsides importants alloués par le Gouvernement, la Province et la Ville de Liége. Dans ces conditions, non seulement il fut possible d'élever à Gramme un monument digne de sa célébrité, mais encore, comme nous l'apprend le discours prononcé samedi par M. Nyst, de créer des bourses de voyages pour les élèves de l'École industrielle de Liége et de décerner des médailles à l'effigie de Gramme aux lauréats de l'enseignement électrotechnique.

Le monument, élevé à l'extrémité du pont nouvellement construit à l'occasion de l'Exposition de Liége, est établi sur un large socle en petit granit; à chacune des extrémités une statue, également en pierre, nous représente, d'une part, Gramme dans sa jeunesse travaillant à l'établi de menuisier; d'autre part, l'illustre ouvrier en pleine maturité méditant sur ses inventions. Au centre le Génie de l'électricité représenté par une femme, couvrant de palmes le buste de Gramme arrivé à l'apogée de sa gloire.

Le monument a grand air et fait un effet imposant dans l'espace très étendu qui marque la confluence de l'Ourthe et de la Meuse. Dans ce décor c'était une grande difficulté de concevoir une œuvre qui ne fût pas perdue dans l'immensité du fond. Le sculpteur Vinçotte a réussi à donner à la fois à son œuvre l'importance que le lieu exigeait et les qualités artistiques que méritait le monument commémoratif d'un aussi grand homme que fut Gramme.

L'inauguration de ce monument a été, suivant la coutume, accompagnée de nombreux discours. L'inclémence du temps n'a pas permis de les prononcer au pied de la statue; les orateurs ont dû parler dans le palais des fêtes de l'Exposition. MM. Nyst, Président du Comité d'initiative, Kleyer, Bourgmestre de Liége, le Professeur Eric Gérard, Francotte, Ministre du Travail et de l'Industrie, le Professeur Hospitalier, Léon Janssen, Président de l'Union internationale des Tramways, O. de Bast, Président de l'Association de l'Institut Montefiore, Habets, Président des Ingénieurs de l'École de Liége, Javaux, Directeur de la Société Gramme, prirent successivement la parole et montrèrent, chacun à un point de vue spécial, l'importance de l'œuvre de Gramme.

Si intéressants qu'ils soient, nous ne saurions reproduire ici tous ces discours; mais nous croyons que les lecteurs de cette *Revue*, liront avec intérêt la biographie de Gramme que vient de publier le journal *La Meuse* d'après des documents autorisés et que nous reproduisons ci-dessous.

Biographie de Gramme.

Zénobe Gramme est né le 4 avril 1826, à Jehay-Bodegnée (Belgique). Issu de parents pauvres et chargés de famille, il savait à peine lire et écrire quand il dut quitter l'école pour gagner sa vie. Il se fit menuisier et montra de bonne heure dans l'exercice de son métier une remarquable habileté de main; on conserve dans sa famille des statuettes et autres menus objets qu'il a sculptés vers sa douzième année.

En 1851, il était à Liége, où il acquérait, aux cours d'adultes, quelques notions de Géométrie appliquée pour compléter son instruction professionnelle. En 1856, le voici à Paris; le démon de l'invention ne tarda pas à l'aiguillonner. Il devine, par sa seule observation, le principe des appareils à force centrifuge, dessine plusieurs pompes intéressantes, combine une machine pour échauffer l'eau par le frottement, etc.

Le 2 janvier 1860, Joseph Van Malderen, qui l'avait connu à Bruxelles et qui était devenu contremaître de la Société l'*Alliance*, le fait entrer comme modeleur dans les ateliers de cette Société; il contemple, émerveillé, les effets de la machine Nollet et parvient, à force d'attention et de réflexion, à se faire une idée de son fonctionnement. Il consulte ensuite un livre de Physique et il est aussi surpris qu'heureux de s'être rencontré avec Franklin et Ampère dans une grande partie de ses hypothèses. Dès lors il a trouvé sa voie. Sans maître, armé seulement d'un Traité élémentaire de Physique et d'un dictionnaire, qui, longtemps, ont constitué toute sa bibliothèque, il étudie sans relâche la Science électrique, Science effroyablement ardue pour un homme qui ne peut comprendre le texte du traité sans feuilleter à tout instant le dictionnaire.

Entre temps, pendant un chômage, il construit un régulateur électrique en bois; puis, rentré à l'Alliance, il améliore les machines de cette Société. Ensuite il travaille chez Ruhmkorff, chez Disdéri, et fait, sous la direction de Bazin, des expériences d'éclairage aux ardoisières d'Angers. En 1867, il prend un brevet pour une série de machines à courants alternatifs et renonce à son métier pour se livrer tout entier à ses recherches.

Sans ressources pécuniaires, soutenu par sa femme et sa belle-fille qui travaillaient pour trois, n'ayant pour tout laboratoire qu'une modeste cuisine avec quelques appareils rudimentaires, quelques aimants, quelques kilogrammes de fil de cuivre et quelques plaques de gutta, il arrive à bout de toutes les difficultés.

En 1869, il prend un brevet pour ses machines à courant continu, et, en 1872, il exécute la première dynamo, réellement industrielle, clef de toutes les grandes applications de l'électricité. Les honneurs et les récompenses ne suivirent qu'en 1878, après la grande Exposition de Paris, où l'invention de Gramme fit merveille.

Il reçut successivement un Grand Prix à cette Exposition; et à celle de 1891; une récompense nationale de 20000fr du Gouvernement français, puis le célèbre prix Volta, soit 50000fr, que lui décerna l'Académie — qui l'avait jadis décerné à Ruhmkorff pour l'invention de sa bobine. Gramme fut créé officier de la Légion d'honneur (février 1889), chevalier de l'Ordre de Léopold, chevalier de l'Ordre de la Couronne de fer, etc.

Autant il fut courageux dans l'élaboration de ses œuvres, autant il fut modeste dans la prospérité et, jusqu'à sa mort, il ne cessa de travailler au perfectionnement de son invention.

Il mourut en janvier 1901 à Liége, et son corps fut inhumé auprès de celui de sa première femme, à Bois-Colombes, près de Paris.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Les lignes terrestres du Youkon inférieur, dans le territoire d'Alaska, qui sont exposées à de très fréquentes avaries et dégradations, causées par les incendies de forêts, les inondations, la gelée, etc., seront remplacées par des communications par télégraphie sans fil.

— Les bâtiments de l'escadre de l'Atlantique Nord des États-Unis d'Amérique ont récemment communiqué entre eux par la télégraphie sans fil à 480km. C'est une des plus grandes distances obtenues jusqu'à présent par la marine.

Tome IV. **N° 44. — 30 octobre 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

SOUS-STATION A PERMUTATRICES ROUGÉ-FAGET

(SECTION FRANÇAISE DE L'EXPOSITION DE LIÉGE).

Le réseau de distribution pour force motrice et éclairage de la section française de l'Exposition de Liége était indépendant du réseau général desservant les autres sections de cette exposition : il était alimenté par trois groupes électrogènes et par deux sous-stations de transformation, installés dans les stands de quatre exposants de la section.

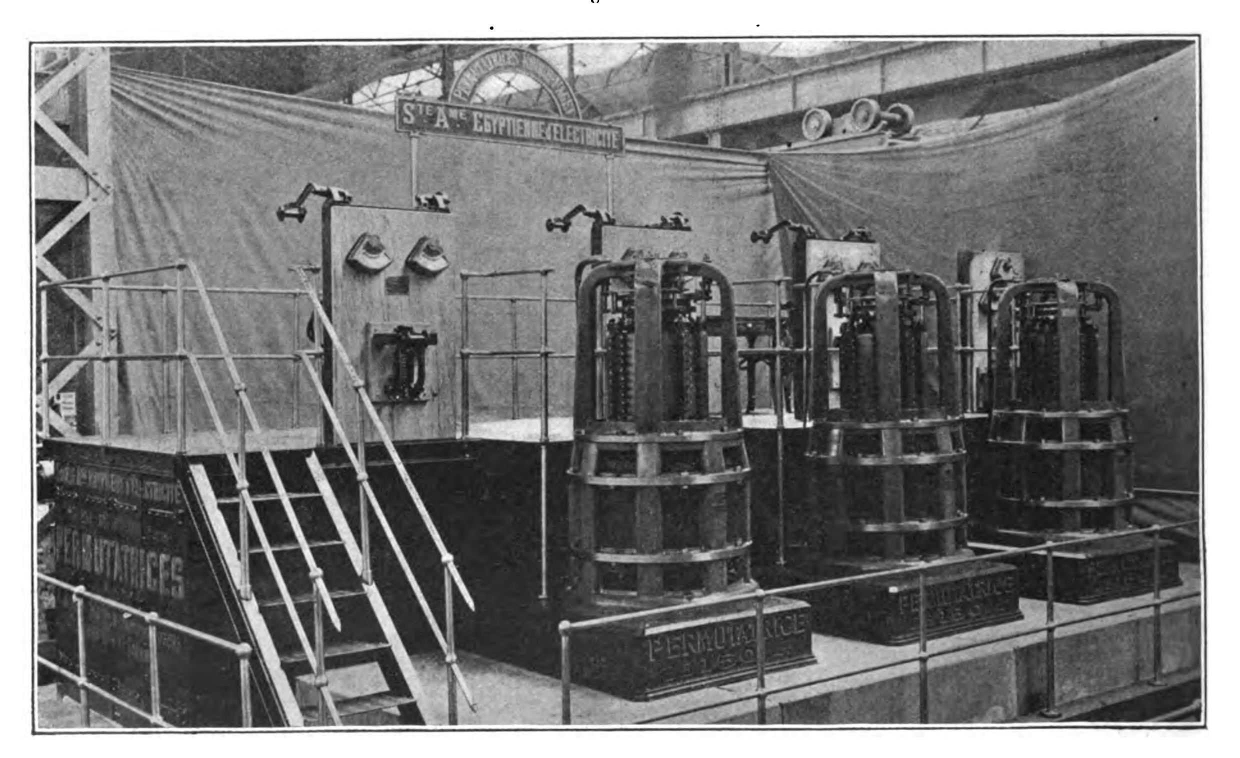
L'un des groupes électrogènes était constitué par un alternateur Labour accouplé à un moteur à vapeur vertical Delaunay-Belleville, installés dans le stand de la Société « L'Éclairage électrique »; le second, par un alternateur Alioth de la Société d'Applications industrielles relié par courroie à une machine Weyer et Richemond; le troisième, par un alternateur Sautter Harlé muni d'une excitatrice Blondel et actionné par une turbine Rateau.

Ces groupes électrogènes fournissaient des courants triphasés sous une tension d'environ 3000 volts à la fréquence 50 environ et ces courants étaient transformés en courant continu dans deux sous-stations installées : l'une dans le stand de la Française Électrique où se trouvait un groupe moteur-générateur donnant du courant continu à 500 volts, l'autre dans le stand de la Société Anonyme Égyptienne d'Électricité, stand dont une vue d'ensemble est donnée par la figure 1.

Ainsi qu'on le voit sur cette figure, cette sous-station comprend trois permutatrices et trois tableaux; ceux-ci sont fixés sur l'une des parois d'une cabine métallique renfermant les interrupteurs des circuits de haute tension ainsi que les transformateurs statiques abaissant à 200 volts la tension des courants alternatifs fournis par les groupes électrogènes; la partie supérieure de cette cabine sert de passerelle pour la manœuvre des appareils. Faisons observer que cette disposition, adoptée pour ménager l'emplacement concédé tout en gardant une sécurité suffisante pour l'emploi du courant de haute tension, ne doit pas être considérée comme normale : dans une installation définitive, les interrupteurs de haute tension et les transformateurs se trouveraient naturellement installés en sous-sol, ce qu'on n'a pas osé faire dans une installation provisoire. Elle présentait d'ailleurs un inconvénient : par suite de la surélévation de la passerelle et des réglements de l'exposition concernant la hauteur

des appareils exposés, il n'a pas été possible de donner aux tableaux une hauteur suffisante pour disposer sur une seule face l'ensemble des appareils correspondant à chaque permutatrice et l'on a dû diviser les tableaux en deux parties disposées dos à dos.

Fig. 1



Nous n'avons pas à revenir ici sur la description des permutatrices Rougé-Faget, ces appareils ayant été l'objet d'une étude très complète par M. Rougé dans une remarquable série d'articles publiés dans ces colonnes au début de l'année (1). Celles qui étaient exposées, d'une puissance individuelle de 150 kilowatts, ont 8 pôles, une vitesse angulaire de 750 t : m, un rendement à pleine charge de 93 pour 100 avec un facteur de puissance 0,97; leur hauteur est de $1^{m},70$, leur diamètre maximum $0^{m},95$, leur poids de 2240^{kg}; alimentées à 200 volts par les transformateurs statiques, elles fournissent du courant continu à 250 volts distribué par un réseau à trois fils formant deux ponts à 125 volts.

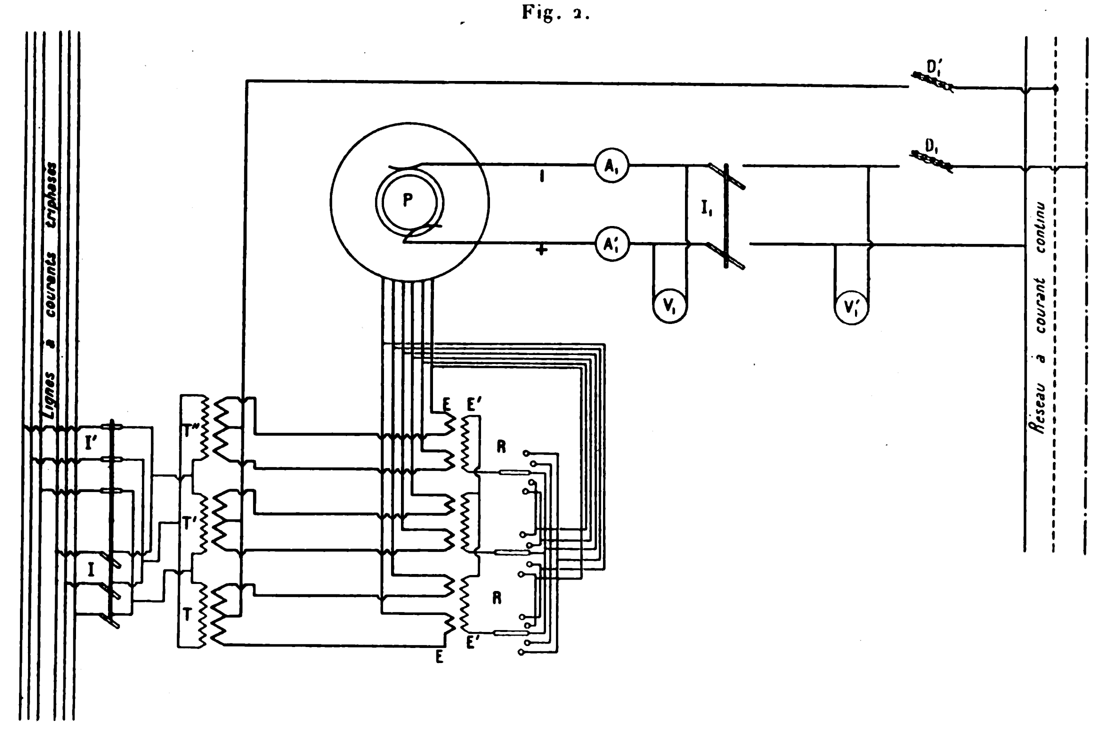
La figure 2 donne le schéma général de l'installation. A la partie supérieure sont figurées les lignes à courants alternatifs, lignes qui sont au nombre de deux par suite des nécessités du service. En temps ordinaire, la charge du réseau continu était inférieure à 300 kilowatts et deux permutatrices suffisaient, l'autre servant de réserve; ces deux permutatrices étaient alors branchées en dérivation sur l'une des lignes triphasées alimentée par un seul des trois alternateurs mentionnés, chaque alternateur fonctionnant un jour sur trois. Mais exceptionnellement la charge du réseau continu pouvait s'élever à 500 kilowatts; dès lors les trois permutatrices devaient être mises en marche, et deux des alternateurs étaient nécessaires pour les alimenter, la puissance de chacun d'eux étant inférieure à 500 kilowatts. Or, ces alternateurs, de construction différente et actionnés par des moteurs de types différents, se prêtaient mal au couplage en parallèle. On préféra donc installer deux lignes triphasées distinctes respectivement alimentées par chacun des alternateurs en marche, solution d'autant mieux appropriée que les groupes électrogènes se trouvaient tout proches de la station de transformation.

Chacune des lignes à courants triphasés est

(1) *La Revue électrique*, t. III, p. 33, 97 et 196, 30 janvier, 28 février et 15 avril 1905.

munie de coupe-circuits fusibles et de trois interrupteurs tripolaires I ou I′ correspondant à chaque machine. Par suite de la possibilité de faire démarrer les permutatrices par simple mise en circuit, l'appareillage sur courant alternatif se réduit aux appareils précédents. La mise en route ne demande pas plus de 3 secondes; pour éviter toute fausse manœuvre, les deux interrupteurs

Fig. 2.



tripolaires d'une même permutatrice sont enclanchés de telle sorte que l'un d'eux soit fermé quand l'autre est ouvert. En prévision d'essais, on avait toutefois complété l'appareillage alternatif avec un tableau auxiliaire portant un ampèremètre, un voltmètre et un wattmètre.

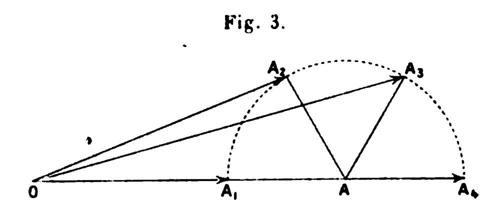
L'appareillage à courant continu comprend, pour chaque permutatrice : un interrupteur bipolaire I_1 à rupture rapide, un disjoncteur à maximum D_1 de 1000 ampères sur le fil pósitif et un disjoncteur à maximum D'_1 de 200 ampères sur le fil neutre relié aux points neutres des trois transformateurs monophasés T, T′, T″; en outre les instruments de mesures suivants : deux ampèremètres A_1, de 800 ampères sur le pont négatif et de 1000 ampères sur le pont positif, un voltmètre V_1 de 300 volts branché avant l'interrupteur bipolaire et un second voltmètre V'_1 branché après cet interrupteur.

La régulation de la tension sur le réseau continu est obtenue en agissant sur la tension des courants alternatifs secondaires hexaphasés fournis par les transformateurs T, T′, T″. Pour cela les circuits hexaphasés comprennent des enroulements E dans lesquels d'autres enroulements E'_1, en dérivation sur ces mêmes circuits, induisent des forces électromotrices se composant géométriquement avec les tensions des courants hexaphasés. Un commutateur tripolaire permet de relier les enroulements inducteurs E′ aux différentes phases de manière à faire varier la phase de la force électromotrice induite. Quand ce commutateur est dans sa position médiane, comme il est indiqué sur la figure, les enroulements inducteurs sont en court-circuit et le rôle de ces enroulements est uniquement d'annuler la self-inductance des enroulements E; en d'autres termes, tout se passe comme si la permutatrice P était reliée directement aux transformateurs T, T′, T″. Quand le commutateur est placé sur l'une des quatre autre touches, chacun des enroulements E′ est relié soit à la phase correspondante du système hexaphasé, soit à l'une des deux phases intermédiaires; dans le premier cas les

forces électromotrices induites se retranchent ou s'ajoutent à la tension principale ; dans le second elles se composent géométriquement avec cette dernière.

La figure 3 indique comment varie la tension

Fig. 3.



résultante suivant la position du commutateur du régulateur RR. Soit OA la tension normale quand ce commutateur est dans la position médiane. Pour une autre position la force électromotrice induite AA_1 se retranche de cette tension et la tension résultante est représentée par OA_1 ; pour une autre position la force électromotrice induite sera AA_2, déphasée de 60° par rapport à la précédente et la tension résultante est OA_2 ; pour une nouvelle position, la force électromotrice induite est OA_3, encore déphasée de 60° par rapport à la précédente, la tension résultante est OA_3 ; enfin, pour une dernière position, la force électromotrice induite AA_4 est en phase avec la tension principale et la tension résultante est OA_4.

On peut donc, par la simple manœuvre du commutateur, obtenir 5 valeurs différentes de la tension des courants alternatifs alimentant la permutatrice ; par suite le courant continu que fournit celle-ci peut également prendre 5 tensions différentes. Ces dernières sont, dans l'installation qui nous occupe, comprises entre 230 et 270 volts, avec variation de 10 volts de l'une à l'autre.

T. Pausert.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Sur l'essai des alternateurs, par Stanley-P. Smith. — (*The Electrician*, t. LV, p. 508, 14 juillet 1905). — On a cherché bien des fois à appliquer aux alternateurs la méthode bien connue d'Hopkinson pour les machines à courant continu. L'idée est de faire circuler le courant de pleine charge à travers la machine sans consommer la pleine puissance correspondante. Mordey semble avoir été le premier à imaginer un procédé résolvant la question. Il divisait l'armature de l'alternateur en deux parties, dont l'une agissait comme générateur, l'autre comme moteur, cela au moyen d'un changement de connexion. Supposons, par exemple, qu'il y ait un total de 20 bobines induites, 12 resteront génératrices, 8 deviendraient motrices et la différence des forces électromotrices induites conduirait à la circulation du courant.

S'inspirant de cette idée le professeur Ayrton la modifia en ce sens qu'il divisa en deux parties l'inducteur au lieu de l'induit, et, afin de produire la circulation du courant, il donna à ces deux parties des excitations différentes. En faisant varier ces excitations il obtenait la circulation d'un courant d'intensité quelconque dans l'armature.

C'est également à cette méthode que vint Behrend après avoir sans succès essayé d'appliquer la division inégale de Mordey non aux bobines de l'armature mais aux bobines du champ parcourues par un même courant d'excitation.

L'auteur a entrepris des essais sur un alternateur monophasé de 30 kilowatts à 12 pôles, spécialement disposé pour recherches. Dans ces essais les couplages des bobines inductrices seuls ont été modifiés, on n'a pas touché à l'armature, et il est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Les bobines inductrices enroulées sur des pôles fonctionnant comme ceux d'un générateur, ou d'un moteur, doivent former une combinaison symétrique de façon à éviter des chocs résultant d'une répartition non symétrique des lignes de force.

2° Si les courants d'excitation dans les deux systèmes de bobines sont différents, le mieux est de diviser en deux parties égales la totalité des bobines inductrices de façon à former chaque système.

3° Si le courant est le même dans chaque système on prendra 60 ou 70 pour 100 des bobines inductrices pour constituer l'ensemble fonctionnant comme dans un générateur, le restant formera l'ensemble fonctionnant comme dans un moteur.

La meilleure combinaison est celle qui permet d'obtenir la pleine charge avec l'excitation correspondant à un champ normal.

A l'appui des essais l'auteur donne deux figures, l'une sché-

(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. Marks and Clerk, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

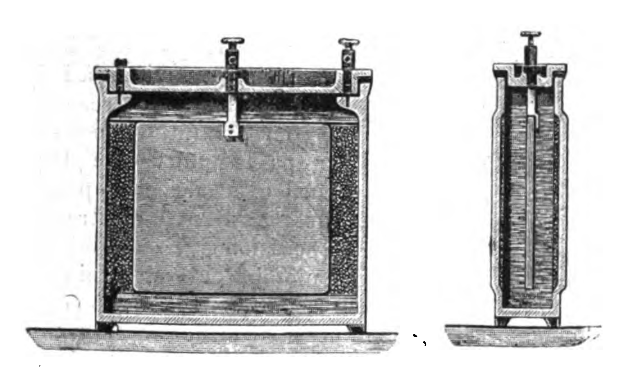
matisant les différents couplages possibles, et dont ceux indiqués plus haut sont seuls à retenir, l'autre indiquant pour différentes combinaisons la relation entre l'excitation et le courant d'armature. Cette relation est toujours représentée par une droite. P. B.

Les piles à l'Exposition de Liége, par Maurice LANEAU (*Bulletin de la Société belge d'Electriciens*, t. XXII, p. 691-694, octobre 1905).

Dans cet article, l'auteur décrit une pile régénérable de M. Wedekind et dit quelques mots sur les piles bien connues exposées par la maison Leclanché et par la maison Delafon; nous reproduisons ci-dessous ces descriptions :

Adolphe Wedekind (Hambourg). — Cet exposant présente un élément de forme nouvelle et basé sur les principes fondamentaux de l'élément Lalande [1]. On sait que MM. Commelin et Desmazures et la Compagnie Waddell-Entz sont parvenus à rendre cet élément régénérable par le courant et à former ainsi un accumulateur. M. Wedekind rend l'élément régénérable par la chaleur, mais en partie seulement : l'oxyde de cuivre seul est régénéré. L'élément (*fig.* 1 et 2) se distingue en outre par toute une série de dispositions excessivement pratiques et rationnelles. Le vase formant l'un des pôles est en fonte et possède des logements dans lesquels sont installés les dépolarisants formés, nous le présumons, d'un mélange adhérent, à base d'oxydes cuivreux et cuivriques. Le pôle négatif est constitué par une lame de zinc portée par le couvercle de porcelaine. Ce dernier ferme hermétiquement la pile et tient ainsi très simplement la lessive à l'abri de l'attaque de l'anhydride carbonique de l'air. Lorsque l'élément est épuisé, il suffit de le démonter, de placer le récipient dans un foyer, et de renouveler le liquide excitateur et le zinc, s'il y a lieu.

Fig. 1 et 2.



L'élément est assez portatif. Les essais officiels du laboratoire de Hambourg montrent une assez grande constance du voltage, qui a cependant l'inconvénient d'être assez faible, 0,65 environ en moyenne.

[1] Ces éléments sont caractérisés par l'équation chimique

$$Zn + 2KOH + CuO = ZnO^2K^2 + H^2O + Cu.$$

L'inventeur établit ainsi lui-même le prix de revient : 3 éléments alimentant une lampe à osmium de 0,5 ampère sous 2 volts pendant 300 heures consomment :

	mark
900g de soude, soit	0,54
700g de zinc, soit	0,97
	1,51

Le watt-heure reviendra donc à

$$\frac{151}{300} = 0,5 \text{ pfennig}.$$

Il s'ensuit que sur ces bases le cheval-heure revient à

$$\frac{151 \times 736}{300} \times 1,25 = 4^{fr},63.$$

Ce qui est élevé; il est vrai qu'il n'en déduit pas la valeur du zincate formé; mais, par contre, il ne compte pas le coût de la régénération de l'oxyde.

Maison Leclanché et Cie (Paris). — Nous rencontrons dans son stand toute une série de spécimens de ses piles. Il est inutile sans doute de revenir sur la description de ces éléments si caractéristiques et si pratiques pour les applications ne demandant qu'un courant faible et intermittent [1].

Cette ancienne maison a étudié la suppression du vase poreux du type primitif en agglomérant du graphite, meilleur conducteur que le charbon, avec le bioxyde de manganèse, du brai et un sel soluble dans l'eau pour obtenir la porosité du mélange. Elle a étudié aussi le remplacement du vase poreux par le sac; sous un même volume le poids du dépolarisant est double et la durée est augmentée. Elle a aussi apporté, suivant les circonstances, des modifications aux situations relatives des éléments constitutifs.

Cette maison fabrique également les éléments Bunsen, Callaud, Meidinger, à oxyde de cuivre et au bichromate.

Elle expose aussi divers types de pile sèche, ou plutôt d'éléments type Leclanché à liquide immobilisé, constitué par une gelée d'agar-agar renfermant la dissolution de sel excitateur.

Maison Delafon (Paris). — Cette maison fabrique des piles du principe fondamental Leclanché et possède une série de brevets modifiant ou perfectionnant leurs formes ou leur mode de fabrication. Indiquons brièvement la fabrication des agglomérés à sac. On façonne d'abord, au moyen d'une presse hydraulique, des agglomérés cylindriques d'un diamètre tel qu'ils entrent facilement dans le sac de toile. Après la mise en sac, au moyen d'une seconde presse, on y chasse de force le charbon; l'aggloméré gonfle et adhère ainsi fortement au sac et au charbon. Les agglomérés ne contiennent aucune matière goudronneuse, afin d'obtenir une grande perméabilité.

Dans le stand qu'elle a monté à Liége, elle expose divers albums de vues d'ateliers et de graphiques d'essais, toute une collection de modèles et des coupes des divers types d'éléments qu'elle construit. Nous en retiendrons la praticité de leur agencement, notamment en ce qui concerne les éléments destinés à l'automobilisme.

[1] La réaction principale de ces éléments se traduit par

$$2ClAzH^4 + 2MnO^2 + Zn = ZnCl^2 + 2AzH^3 + H^2O + Mn^2O^3.$$

Ce sont les réactions secondaires qui donnent naissance aux sels que l'on voit se former : chlorure double de zinc et d'ammonium, oxychlorure de zinc. Suivant M. Obach, la chute de force électromotrice à circuit fermé et son relèvement à circuit ouvert sont dus à ce que la moitié seulement de l'hydrogène naissant est absorbée par l'oxygène du dépolarisant, tandis que l'autre moitié l'est par celui de l'air emprisonné dans la plaque ou dissous dans le liquide excitateur. (D'après E. Gerard, *Leçons sur l'Électricité*.)

Les accumulateurs à l'Exposition de Liége (d'après renseignements fournis par les exposants).

D'assez nombreux types étaient exposés à l'Exposition de Liége, bien que certaines maisons dont on est accoutumé à voir les produits dans les expositions similaires aient fait défaut à celle-ci.

Dans la section française nous avons à signaler la belle exposition de la Société pour le travail électrique des métaux; celle de M. Henry Fredet, lequel utilise le sulfhydrate d'ammoniaque dans la confection de la matière organique; celle de la maison Jeanteaud, où l'on pouvait voir les nouveaux accumulateurs El*t*; le stand des établissements Dinin qui fabriquent particulièrement des accumulateurs pour allumage; etc.

Dans la section belge, la Société des accumulateurs Tudor présentait un très grand nombre de types d'accumulateurs stationnaires et transportables, la Société des manufactures de Seneffe exposait des éléments destinés à l'éclairage des trains, la Société Chelin présentait des accumulateurs Cheval et Lindemann pour automobiles, éclairage de trains, lampes de mineurs.

La plupart des modèles exposés ont déjà été décrits dans ces colonnes; quelques particularités nouvelles sont cependant à signaler; c'est ce que nous ferons en décrivant successivement les stands des exposants.

ACCUMULATEURS T.E.M. DE LA SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX. — Cette Société présente une exposition extrêmement intéressante et des plus importantes tant par le nombre d'éléments exposés que par la variété des types. Il n'y a pas moins, en effet, d'une cinquantaine d'éléments de types différents, soit isolés, soit groupés en batteries, représentant toute la gamme des capacités, depuis celle de 0,2 ampère-heure donnée par de petits éléments de laboratoires jusqu'à celle de 8000 ampères-heures que peut débiter en 10 heures un gros élément de station centrale. Ces éléments ou ces batteries ne diffèrent d'ailleurs pas seulement par la capacité, mais correspondent en outre aux utilisations les plus variées que l'on peut faire des accumulateurs : stations centrales ou installations particulières; batteries-tampon; batteries de traction (tramways, automobiles, bateaux); batteries d'éclairage des véhicules (trains, voitures); éléments pour l'inflammation des moteurs à explosion; petites batteries pour usages médicaux ou chirurgicaux; éléments pour laboratoires scientifiques ou industriels; batteries à haute tension; etc.

L'exposition des plaques séparées n'est pas moins variée que celle des éléments et les cinquante types de plaques présentées diffèrent non seulement par les dimensions (depuis la plaque minuscule de 0,2 ampère-heure de capacité jusqu'à celle de dimensions respectables $850^{mm} \times 460^{mm}$ capable de donner 550 ampères-heures à régime lent), mais encore par le système de construction, tous les types (plaques à grande surface, plaques à oxydes rapportés et plaques mixtes) étant représentés ici avec des variantes.

Certaines de ces plaques sont trop connues [1] pour qu'il soit nécessaire de revenir sur leur description. C'est le cas notamment des plaques à pastilles surtout employées comme négatives et dont la matière active provient de la réduction du chlorure de plomb par le zinc. C'est encore le cas de la plaque à augets constituée par un support en plomb inoxydable muni de nervures horizontales inclinées de façon à former des augets que l'on remplit de matière active.

Parmi les plaques de création plus récente, nous citerons la plaque « Sirius ». Tout récemment nous avons décrit [2] dans ce journal cette plaque « Sirius » qui est du type à grande surface et s'obtient à l'aide d'une machine produisant des nervures très développées en plomb laminé en partant d'une plaque coulée. Ce n'est d'ailleurs pas le seul type de plaque à grande surface que construise la Société pour le travail électrique des métaux. Dans un autre procédé que nous aurons l'occasion de décrire bientôt en détail, la plaque en plomb coulé ou laminé est taillée à l'aide de fraises circulaires; une machine ingénieusement combinée réalise automatiquement tous les mouvements nécessités par un tel travail.

Les plaques du type mixte sont représentées par différents spécimens et notamment par des quadrillages en plomb doux à augets empâtés et par des quadrillages en plomb doux à nervures verticales présentant un développement de surface assez grand (quoique moindre que dans les plaques à grande surface) et garnies de matière active. Ces plaques sont obtenues par la coulée.

Assez nombreuses sont également les variétés de plaques à grille; celles-ci diffèrent soit par la forme, soit par les constantes de construction et constituent d'une façon générale des plaques à grande capacité. L'une d'elles, notamment, plaque ultra-légère, donne les capacités spécifiques les plus élevées obtenues jusqu'ici avec l'accumulateur au plomb; on trouvera plus loin quelques chiffres relatifs à ces plaques.

Sur le montage des éléments il n'y a presque rien qui ne soit déjà connu par les descriptions faites antérieurement et auxquelles nous avons déjà renvoyé ci-dessus. Signalons cependant que dans les nouveaux éléments à poste fixe, les plaques sont

---

[1] L. JUMEAU, *Les accumulateurs électriques*, p. 540.
[2] *La Revue électrique*, t. III, p. 289, 30 mai 1905.

suspendues de préférence extérieurement, soit que les crochets de suspension des plaques reposent directement sur les bords du bac quand celui-ci est en verre, soit que ces crochets reposent sur des dalles de verre dépassant le bord supérieur du bac quand celui-ci est en bois plombé.

Dans le Tableau suivant, on trouvera les principales constantes relatives à deux éléments à poste fixe, un petit élément monté avec bac en verre et un gros élément monté avec un bac en bois doublé de plomb, renfermant tous deux comme positives des plaques Sirius et comme négatives des plaques à pastilles.

		Petit élément.	Gros élément.
Nature du bac		verre	bois doublé de plomb
Dimensions extérieures en mill.	hauteur du bac	325	620
	hauteur totale	380	710
	longueur	325	520
	largeur du bac	230	540
	largeur totale	310	570
Dimensions approximatives des plaques en millimètres		200×200	400×400
Nombre de plaques		13	7
Poids des plaques positives en kilogrammes		21,50	115,80
Poids des plaques négatives, en kilogrammes		14,45	60,20
Poids total d'électrodes en kilogr.		35,95	176,00
Poids total de l'élément en kilogr.		69,95	377,00
Capacités en ampères-heures aux différents régimes.	6 heures	264	1354
	3 heures	234	1188
	2 heures	210	1072
	1 heure	174	872
	30 minutes	120	632

Il s'agit ici des éléments les plus robustes et par conséquent les plus lourds. Si l'on passe directement de ces éléments les plus lourds aux éléments les plus légers, on trouve alors les caractéristiques suivantes relatives à un élément monté avec les plaques ultra-légères du type à grille dont il est question plus haut.

Nature du bac		ébonite
Dimensions extérieures du bac, en millimètres.	longueur	134
	largeur	155
	hauteur	327
Nombre de plaques		31
Poids des plaques positives en kilogrammes.		5,58
Poids des plaques négatives en kilogrammes.		5,46
Poids total des électrodes en kilogrammes.		11,04
Poids total de l'élément en kilogrammes		18,30
Capacités en ampères-heures aux différents régimes.	à 20 ampères	475
	à 40 »	460
	à 60 »	426
	à 80 »	385

Les capacités spécifiques de cet élément sont très élevées puisqu'elles correspondent à 34,8 à 43 ampères-heures par kilogramme de plaque, selon le régime. Quant à l'énergie massique, elle varie de 39,9 à 51,9 watts-heures par kilogramme d'élément, selon le régime, valeurs non encore atteintes jusqu'ici.

C'est avec des éléments de ce type que M. Kriéger effectua son raid fameux des 31 août et 1er septembre de cette année et revint sans recharger de Deauville à Paris, couvrant ainsi une distance de 225km à la vitesse moyenne de 40 km : heure.

Parmi les éléments nouveaux, signalons encore, à côté de nombreux modèles pour la traction, l'éclairage des trains, l'inflammation des moteurs à explosions, etc., des boîtes d'accumulateurs à haute tension. Ces boîtes sont caractérisées par un isolement parfait, ce qui leur permet de conserver leur charge pendant de nombreuses semaines, malgré leur faible capacité et la tension élevée des boîtes. Une boîte de 44 éléments, donnant sous 88 volts une capacité de 0,2 à 0,3 ampère-heure et débitant une intensité capable d'atteindre 0,2 ampère, ne pèse pas plus de 7kg et ne mesure que 27cm de longueur, 11cm de largeur et 18cm de hauteur. Grâce à ce faible encombrement, il est possible de réunir dans une petite armoire un nombre de boîtes capable de donner une tension de plusieurs milliers de volts. Nombreuses sont déjà d'ailleurs les applications de ces éléments dans les laboratoires de recherches ou dans les laboratoires de mesures industrielles.

Accumulateur E.I.t. de la Maison Jeantaud. — L'accumulateur E.I.t. est, on le sait, de création toute récente et nous en avons donné ici même (1), il y a peu de temps, une description. Sans vouloir revenir sur celle-ci, nous publierons néanmoins quelques détails complémentaires que nous avons pu obtenir à propos de l'Exposition de Liége.

M. Jeantaud expose à Liége une série des six types-traction couramment employés, un modèle de connexion, deux accumulateurs d'allumage de 80 ampères-heures sous 4 volts et une boîte en tôle vernie pour ces derniers.

La plaque destinée aux applications de traction d'automobiles est d'un type unique; elle mesure 185mm de hauteur, 98mm de largeur et 4mm à 5mm d'épaisseur; sa capacité est de 26 ampères-heures au régime de 4 ampères (temps de décharge 6 heures 30 minutes).

L'empâtage des grilles se fait par tartinage de la matière active (oxyde spécial de faible densité apparente) malaxée avec un agglomérant spécial. La plaque empâtée est comprimée et perforée de 360 trous de 1mm de diamètre. La grille est caractérisée par ce fait qu'à part les grandes nervures du cadre elle est noyée dans la matière active; cette disposition a pour but d'éviter la désagrégation de la grille

(1) *La Revue électrique*, t. III, p. 201, 15 avril 1905, et t. III, p. 269, 15 mai 1905.



par formation Planté. La plaque empâtée est bobinée d'un fil d'amiante bleu, très fin, et sa base est ensachée dans un étui en celluloïd mince, que retiennent les premières spires du fil d'amiante. Afin d'éviter la métallisation du fil d'amiante, celui-ci est imprégné d'un isolant. Ce revêtement a pour conséquence de prolonger la durée des plaques.

Le montage des éléments se fait de la façon suivante :

Les plaques sont soudées sur leurs barrettes de connexion à la soudure électrique. Ces barrettes de connexion sont venues d'une seule pièce à la fonte, avec les bornes de l'élément, et portent les trous équidistants où viennent se loger les queues des plaques.

Les deux rames, positive et négative, sont alors rapprochées en un seul faisceau et des baguettes de celluloïd de 2^{mm} de diamètre assurent l'écartement des plaques en même temps qu'elles maintiennent contre celles-ci le bobinage en amiante. Le faisceau de plaques est introduit dans un bac en ébonite de dimensions juste suffisantes, ce qui évite tout ballottement. Deux tasseaux sont moulés dans le fond du bac et leur partie supérieure est en caoutchouc souple, formant ainsi une assise élastique pour les plaques.

Le couvercle du bac est en ébonite; mais son pourtour est en caoutchouc souple. Il entre à frottement dans le bac et forme ainsi fermeture presque étanche grâce à la bordure en caoutchouc souple. Des nervures venant reposer sur les barrettes de connexion maintiennent le couvercle à la hauteur convenable. La sortie des bornes est rendue également étanche par une rondelle en caoutchouc souple. Un trou muni d'un bouchon de caoutchouc permet l'examen et la surveillance du niveau et de la densité de l'électrolyte.

Le Tableau suivant résume les constantes principales des 6 types courants d'éléments de traction :

TYPES (nombre de plaques).	DIMENSIONS EXTÉRIEURES DES BACS.			HAUTEUR totale d'encombrement.	POIDS.	CAPACITÉ en ampères-heures.	INTENSITÉ correspondante en ampères.
	Longueur.	Largeur.	Hauteur.				
11	mm 96	mm 113	mm 265	mm 285	kg 6,8	130	20
13	113	»	»	»	8,0	157	24
15	129	»	»	»	9,3	183	28
17	146	»	»	»	10,5	210	32
19	160	»	»	»	11,7	236	36
21	173	»	»	»	12,9	260	40

Les accumulateurs pour allumage sont d'un type unique ayant les constantes suivantes relatives à un seul élément :

Longueur......	110^{mm}
Largeur........	80^{mm}
Hauteur	200^{mm}
Poids..........	4^{kg}
Capacité..	80 ampères-heures

Ces éléments sont montés dans des bacs en celluloïd poli, complètement étanches. Des cornières épaisses sur toutes les arêtes leur assurent la rigidité mécanique requise pour les trépidations des voitures à pétrole. La sortie des bornes, faite dans un presse-étoupe et non dans une bague de caoutchouc, est absolument étanche et évite complètement tout suintement d'acide. Une petite cheminée avec un bouchon spécial en celluloïd empêche toute projection d'acide par les trépidations et pendant la charge.

Le faisceau de plaques et le bac forment un bloc solide que l'on manipule facilement en le prenant par les bornes mêmes de l'élément. Ces bornes sont en cuivre et le bouton moletté est à grand diamètre, ce qui assure un serrage facile et énergique à la main, et non avec une pince qui abîme le bouton.

Deux éléments sont placés côte à côte dans un bac en tôle vernie et connectés par une connexion souple pour en éviter la rupture par les trépidations.

La boîte en tôle porte deux oreilles percées d'un trou qui permettent de la manipuler facilement. Ce procédé est préféré à l'emploi de boutons qui augmentent l'encombrement.

T. Pausert.

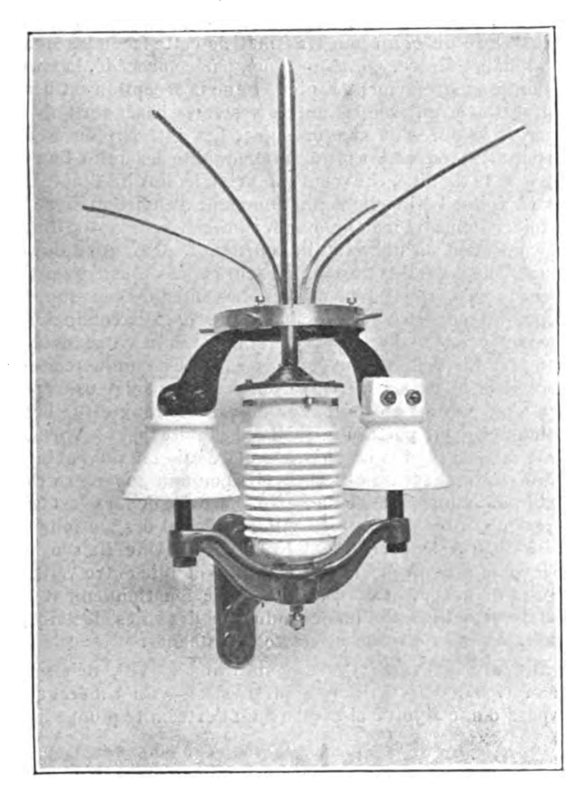
BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : Albion Car Motor Cy Ld. BF. 353241, 12 avril 1905 (génératrices magnéto-électriques). — Allgemeines Elektricitäts Gesellschaft. DRP. 163083, 12 nov. 1904 (alternateur); Id. 163839, 7 octobre 1903 (enroulement); BP. 26293 et 16728, 1904 (dynamo et compoundage). — Balachowsky. USAP. 794210, 21 nov. 1902 (dynamo). — Blake. USAP. 792751, 9 juin 1904 (appareil électrostatique). — Boisseau du Rocher. BF. 350021, 27 juin 1904 (machine statique à grand débit).



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Parafoudre « Alpha ». — Ce type de parafoudre, construit par Ch. Aufière, est représenté par la figure ci-jointe. Il se compose d'une console en fonte reliée directement à la terre; cette console porte à sa partie supérieure deux cloches en porcelaine sur lesquelles est fixé un cercle métallique qui doit être relié à la ligne à protéger. Ce cercle porte radialement 4 cornes réglables de forme spéciale. Au centre du cercle se trouve un tube en laiton fixé verticalement par



l'intermédiaire d'un manchon en porcelaine contenant une résistance calibrée suivant la tension du réseau. Cette résistance, constituée par un mélange de graphite et de matière inerte, a son extrémité supérieure en relation avec le tube vertical tandis que son extrémité inférieure est en contact avec la console de fonte reliée à la terre; elle évite les effets de court-circuit avec la terre au moment où l'appareil fonctionne. Le tube vertical en laiton est fermé à sa partie supérieure et percé de trous en regard de l'endroit où l'arc prend naissance sur une longueur d'environ 3^{cm}.

Avec cette disposition il n'existe pas d'inductance appréciable aux points où les arcs s'amorcent sur le tube relié à la terre. L'intensité se trouve divisée par l'établissement de l'arc sur 4 tiges à la fois. Quant au soufflage, il est obtenu par le mouvement ascendant d'air chaud qui est fortement activé par les trous d'air du tube formant cheminée. L'appareil est, en outre, fort peu volumineux. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Régulateurs : Cedergren. USAP. 795958, 17 déc. 1904. — Grassel BP. 410 1905. — USAP. 794365, 30 juin 1904. — Loppé et Cie d'Électricité de Creil. BP. 13016 et 13017, 1904. — Panian. BP. 353221, 11 avril 1905.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Procédé et appareil de séparation électrostatique. Charles-Henri Huff (Brevet français 350601. *Industrie électrochimique*, t. IX, p. 69, sept. 1905). — On sait que le principe des procédés de séparation électrostatique est le suivant : la matière pulvérulente tombe sur une électrode portée à un potentiel élevé; les diverses parties qui la composent s'électrisent plus ou moins rapidement et sont repoussées avec des forces plus ou moins grandes suivant leurs qualités électriques. En général l'électrode est constamment maintenue au même potentiel. L'inventeur a reconnu que la séparation s'effectue mieux quand l'électrode est brusquement portée à un potentiel élevé de façon intermittente; son brevet décrit l'appareil et les procédés qu'il préconise pour l'application de ce perfectionnement. — La figure 1 représente une coupe de l'appareil. La matière pulvérulente contenue dans la trémie H et constamment remuée par une coulisse A^1 tombe sur l'électrode tournante E de 19^{mm} à 26^{mm} de dia-

Fig. 1.

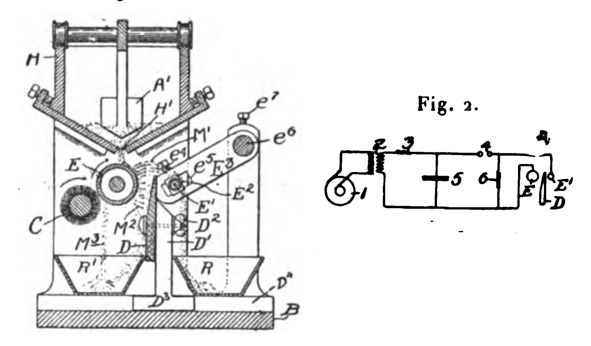


Fig. 2.

mètre; en face de cette électrode s'en trouve une seconde E formée d'un fil de cuivre de $1^{mm},5$ de diamètre enfermé dans un tube de verre de 4^{mm} à 6^{mm} de diamètre extérieur; la position de cette électrode peut être modifiée au moyen des vis e^4 et e^7; une cloison D en substance isolante et également ajustable est disposée entre ces électrodes. Certaines des particules tombant sur l'électrode E sont repoussées assez violemment pour passer au-dessus de la cloison et être recueillies dans le récipient R; les autres sont projetées contre la cloison ou restent adhérentes à l'électrode et sont enlevées par la brosse C; elles sont recueillies dans un même récipient R^1 ou, si on le désire, dans deux récipients séparés. — Les deux électrodes sont reliées à un transformateur donnant une différence de potentiel d'au moins 12000 à 15000 volts. La liaison peut être directe, mais il est préférable, pour avoir des variations plus brusques du potentiel, d'utiliser le dispositif indiqué en figure 2, où 4 représente un éclateur, 5 un condensateur et 6 une résistance shuntant les deux électrodes EE^1. Avec ce dernier dispositif l'électrode E est chargée tantôt positivement, tantôt négativement; si l'on désire que le signe de la charge reste le même, on intercale sur le circuit un redresseur de courant.

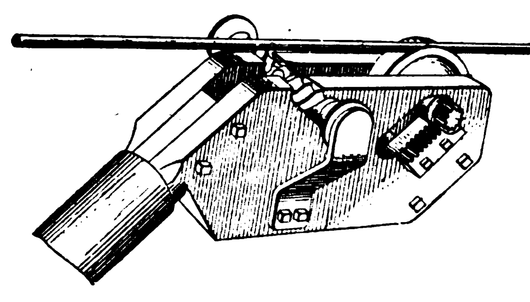
BREVETS RÉCENTS.

Machines : Elliot. USAP. 795789, 10 juin 1902 (machine à imprimer électromécanique). — Emmett. USAP. 797416, 27 mars 1901 (régulateur électrique pour machine à vapeur). — Esser. USAP. 793775, 29 août 1904 (avertisseur d'incendie et d'effraction). — Eyquem. BP. 4303, 1905 (régulateur). — Fergusson. BP. 955, 1905 (appareil électrique). — Field, Garrard et Ferranti Ltd. BP. 15455, 1904 (relais). — Finzi. BP. 1583, 1905 (régulateurs).

8..

TRACTION.

Tête de trôlet à remise en place automatique, H.-I. Jeffers (Brevet américain 794020, déposé le 20 août 1903, délivré le 4 juillet 1905). — Comme l'indique la figure, la tête de trôlet porte, outre la roulette, une tige à rainure hélicoïdale qui la dépasse de chaque côté. Quand la roulette dérape, cette tige vient en prise avec le fil; elle tourne et



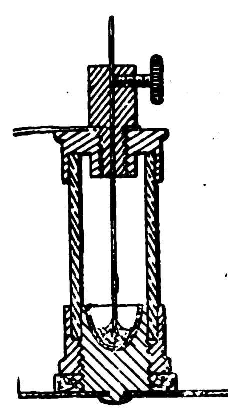
replace automatiquement l'axe de la tête de trôlet au-dessous du fil. Pendant ce mouvement, la roulette descend par son poids le long du plan incliné à crémaillère qui supporte ses paliers; elle ne gêne donc pas la remise en place de la tête de trôlet. Mais, quand cette opération est effectuée, le fil vient en contact avec la roulette; celle-ci tourne et les pignons dentés qui terminent son axe font remonter cet axe sur les paliers.

Les tramways d'Astrakhan (*Bulletin de la Société Belge d'Électriciens,* t. XXII, p. 453-458, juillet 1905). — Réseau de 16^{km} (qui sera porté à 22^{km}), construit en 1900 par la Compagnie russo-française de Chemins de fer et de Tramways, et desservant une population de 120000 habitants. Voie à simple écartement de 1^{m}; nombreux garages et aiguillages automatiques avec contrepoids logés dans l'entrevoie dans une caisse souterraine. Connexions en cuivre à chaque bout de rail et liaisons transversales tous les 45^{m}. Fil de trôlet de 8^{mm},5 de diamètre. — L'usine contient 3 dynamos Siemens de 150 k.-w., 550 volts, accouplées par courroies à trois machines compound, sans condensation, de 180 chevaux à 100 t : m ; une quatrième dynamo de 50 k.-w. actionnée par une machine de 80 chevaux sert à l'éclairage. — Les chaudières, au nombre de 3, d'une surface de chauffe de 180$^{m^2}$, sont chauffées au mazout, résidu semi-solide de la distillation du pétrole. Ce mazout, conservé dans un réservoir pouvant en contenir 65000^{kg}, est injecté au moyen d'un jet de vapeur; on peut aussi l'injecter sans vapeur au moyen d'une pompe d'alimentation; il y a deux injecteurs par chaudière. — Le matériel roulant comprend des motrices à 40 places et des remorques avec 7 bancs et 2 plates-formes. La prise de courant se fait par un archet en aluminium, afin de n'avoir pas à installer d'aiguillages aériens. Ces archets font, en moyenne, un parcours journalier de 150^{km} pendant 6 semaines. En prenant certaines précautions on parvient à les refondre. Les porte-archets se cassent parfois; mais, comme généralement la cassure ne se produit que d'un seul côté, l'archet reste toujours en contact avec la ligne et il est toujours possible de ramener au dépôt, par ses propres moyens, la voiture ainsi avariée. — Malgré un écart de température notable (allant de $-25°$ C. en janvier à $+58°$ C. en août), les perturbations atmosphériques pouvant troubler l'exploitation sont rares : quelques rafales de neige en hiver. Pendant l'été, il suffit d'avoir soin de renouveler, vers la fin de la journée, les approvisionnements des boîtes à graisse des essieux et des moteurs pour éviter les inconvénients dus à la fusion rapide des lubréfiants pendant cette saison.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Système Murgas de télégraphie sans fil (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 909, 28 septembre 1905, d'après *Electr. World*, t. XLVI, p. 100, 15 juillet 1905). — La caractéristique de ce système est qu'on emploie pour la transmission deux interrupteurs de fréquence différente; on peut les faire agir l'un ou l'autre, à volonté, sur la même bobine d'induction. Les oscillations rayonnées provoquent dans le téléphone du poste récepteur des sons de hauteur différente. Le son le plus grave représente un *trait*, le son le plus élevé un *point;* on transmet de cette façon les signes de l'alphabet Morse. On assure que, par ce procédé, la transmission est extrêmement rapide et que la réception est beaucoup plus sûre qu'avec les autres systèmes basés sur l'observation de la durée de chaque signe. Les interrupteurs sont constamment en action; un levier double les relie l'un ou l'autre à la bobine. Le courant primaire est de 3 ampères sous 24 volts; l'étincelle a une longueur d'environ 150^{mm}. On emploie comme récepteur d'ondes un cohéreur autodécohérent consistant en une aiguille tournant lentement autour de son axe, sur laquelle reposent par leurs bords plusieurs petits morceaux de charbon très minces. Les antennes sont supportées par des tours en bois de pin hautes de 60^{m}. Dix conducteurs de cuivre pendent d'un fil de fer zingué tendu entre les têtes des mâts. Le passage du courant entre les conducteurs de cuivre et le fil de fer est empêché par des isolateurs composés d'un bâton de caoutchouc de 75^{cm} de long et de 3^{cm},8 de diamètre, qui porte une cloche d'ébonite polie. A 9^{m} au-dessus du sol, les fils de cuivre sont réunis en un câble et conduits à la chambre des appareils par une ouverture convenable dans une fenêtre en verre. La prise de terre est faite sur les conduites d'eau de la ville. L'accord des stations est réalisé d'après le procédé Slaby-Arco. — Une liaison par télégraphie sans fil par ce système a été établie entre Wilkesbarre et Scranton, aux Etats-Unis, et le fonctionnement est satisfaisant, malgré l'influence inductive des voies électriques et malgré l'interposition de hautes montagnes.

Cohéreur Massie (Brevet américain 800119, déposé le 27 mars 1905, délivré le 19 sept. 1905). — Ce cohéreur se compose d'une aiguille aimantée dont l'extrémité plonge dans



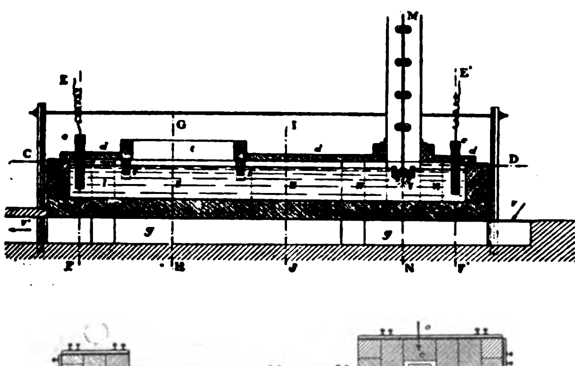
une cavité contenant un mélange de limaille magnétique et de limaille non magnétique; on règle sa sensibilité en mettant plus ou moins de limaille dans la coupe; un tube de verre à montures métalliques protège l'aiguille.

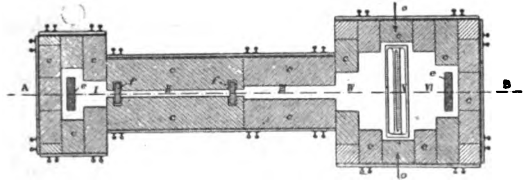
BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie: Muirhead. USAP. 796595 à 796597, 27 avril 1899, 16 oct. et 13 déc. 1900 (transmetteur et récepteur pour ligne souterraine ou sous-marine).

APPLICATIONS THERMIQUES.

Four Sauvageon pour la fabrication du verre (*Industrie électrochimique*, t. IX, p. 65, sept. 1905). — Les figures ci-dessous en donnent une coupe longitudinale suivant l'axe et une coupe horizontale suivant le plan CD situé au-dessus du bain. Il se compose d'un siège *s* en briques réfractaires, ventilé en dessous par des gargouilles *g* parcourues par un courant d'air entrant par V et sortant par V' dans une cheminée d'appel ; sur ce siège est établie une cuve *c* en briques réfractaires recouverte par des dalles *d*. Cette





cuve forme six compartiments numérotés I à VI ; le mélange à fondre est placé dans le compartiment II et le verre est recueilli dans le compartiment V après avoir passé par le compartiment de raffinage III et le compartiment de repos IV ; les compartiments extrêmes servent à l'arrivée et la sortie du courant par les électrodes en carbone *e*. La section des compartiments extrêmes est très grande pour que la densité du courant y soit faible et qu'ainsi la température du verre n'y soit pas trop élevée afin d'éviter la détérioration des électrodes et la contamination du verre par ces dernières. Le compartiment II ou compartiment de fusion a une section très réduite pour que la densité de courant et la température y soient très élevées ; ce compartiment est surmonté d'une trémie de chargement *t*, qui doit toujours être maintenue pleine de matière à fondre ; à son entrée et à sa sortie sont placés deux flotteurs *f*, en matière réfractaire, destinés à empêcher les matières fondues de pénétrer dans les autres compartiments. Le compartiment III, ou compartiment de raffinage, a une section assez réduite quoique plus grande que celle du compartiment de fusion ; les gaz qui y sont produits s'échappent par le compartiment de travail ou par une ouverture spéciale du couvercle *d*. La section du compartiment IV ou compartiment de repos est très grande pour permettre au verre, vu l'abaissement de la densité du courant, de se refroidir et de prendre la consistance convenable pour sa mise en œuvre. Le compartiment de travail V est également de grande section pour que le verre puisse y devenir bien homogène ; ce compartiment est voûté et muni sur les côtés d'ouvertures *o* pour permettre de puiser dans le four. — Pour la mise en marche on peut : ou bien remplir le four de groisil ou verre cassé et le fondre en chauffant le four au moyen d'un foyer provisoire qu'on démolira une fois le verre fondu ; ou bien verser dans le four du verre fondu dans un autre four et en quantité suffisante pour permettre d'y faire passer le courant électrique. — Les réparations devront être faites soit à froid, en arrêtant complètement la marche du four, soit à chaud, mais pour les briques de la partie inférieure seulement, en arrêtant momentanément le courant et en abaissant le niveau du verre en fusion. Les briques des compartiments de fusion et de raffinage où la température est le plus élevée, s'useront rapidement surtout à la ligne de flottaison du verre ; les bords supérieurs de ces deux compartiments seront donc construits avec des briques de toute première qualité, et disposées de façon à pouvoir être remplacées facilement. L'inventeur estime que la dépense d'énergie sera de 2,43 kw : h par kilogramme de verre fondu.

Four mixte à arc et à résistance. H.-N. Potter (Brevet américain 797747, déposé le 23 juillet 1903, délivré le 22 août 1905). — L'objet de l'invention est de produire une température intermédiaire entre celle que l'on obtient dans un four à résistance et celle obtenue dans un four à arc. Dans ce but l'inventeur préconise l'emploi d'un four à résistance dans lequel il dispose deux électrodes séparées reliées à une source de courant distinct de celle qui produit le courant traversant la résistance. Quand le four est suffisamment chauffé par ce dernier courant, on fait jaillir l'arc entre les électrodes. Suivant l'auteur la différence de potentiel nécessaire pour entretenir l'arc à la température élevée déjà atteinte par le four est très inférieure à celle qui est requise pour le maintien de l'arc à froid ; la puissance dépensée dans l'arc est dès lors relativement faible et l'élévation de température résultant du fontionnement de l'arc peut être assez modérée pour que la température résultante soit supérieure à celle que donnerait un arc fonctionnant dans les conditions ordinaires.

Le procédé Hoho pour le travail électrique des métaux, par Paul Hoho (*Electrical World and Engineer*, t. XLVI, p. 565, 30 sept. 1905). — On sait que ce procédé, qui date de 12 ans déjà, consiste à relier la pièce à chauffer au pôle négatif d'une dynamo donnant 100 volts à 250 volts et à la plonger dans une solution électrolytique étendue reliée au pôle positif : la pièce métallique ne tarde pas à être chauffée au rouge blanc et même à fondre. Jusqu'ici ce procédé semble avoir été peu employé. Dans l'article qui nous occupe l'auteur montre qu'il est cependant avantageux pour le travail des petites pièces et termine en disant que des expériences très démonstratives ont été faites à ce sujet à l'Exposition de Liége.

Soudure électrique des joints de rails, système C. Pahde (Brevet américain 799934, déposé le 30 juin 1904, délivré le 19 sept. 1905). — Les rails étant reliés à un des pôles d'une source de courant continu on applique sur la base de l'un d'eux un charbon connecté à l'autre pôle ; on fond ainsi et l'on soude les deux bases. On fond ensuite dans l'arc de petits morceaux de fer jusqu'à remplir un moule placé entre les deux rails ; ce moule peut être en terre réfractaire, mais l'inventeur préfère un moule en fer : en fondant légèrement la surface interne de ce moule on le soude lui-même aux extrémités des rails à souder et l'on obtient ainsi une liaison plus rigide de ceux-ci.

BREVETS RÉCENTS.

Fours : Custer. USAP. 793424, 14 sept. 1904 (four pour dentiste). — Fitzgerald et Bennic. BF. 354207, 11 mai 1905 (four à résistance). — Kaiser. USAP. 779428, (four de boulanger. — Matteson. USAP. 787584, 19 sept. 1904 (four pour dentiste). — Price, Cox et Marshal. BF. 352789, 28 mars 1905 (électrodes pour four). — Société électrométallurgique. BF. 350833, 18 janvier 1905 (pince porte-électrodes).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

L'Électrochimie et l'Électrométallurgie à l'Exposition de Liége (d'après un rapport de Maurice Laneau, membre du jury de la classe d'Électrochimie, publié dans le *Bulletin de la Société belge des Électriciens*, t. XXII, p. 639-709, octobre 1905).

Peu remarquée du public, qui n'y trouvait ni grosse machine, ni appareil en fonctionnement, la classe d'Électrochimie de l'Exposition de Liége était cependant des plus intéressantes pour les spécialistes : les échantillons des produits fabriqués, les tableaux statistiques de la production, les dessins des appareils et les photographies des usines permettaient de se rendre compte du développement considérable pris par cette branche des applications de l'Électricité depuis l'Exposition universelle de Paris, en 1900, où, pour la première fois, l'Électrochimie constituait une classe spéciale.

A vrai dire, les limites de cette classe étaient, à Liége comme à Paris, assez mal définies. En même temps que l'Électrochimie proprement dite, s'occupant de la fabrication des produits chimiques par l'Électricité, elle comprenait : les Eléments primaires et secondaires pour la production de l'électricité, que l'on rencontrait également dans la classe d'Électricité; l'Électrométallurgie et les Dépôts métalliques électrolytiques, qui parfois faisaient également partie de la classe consacrée à la Métallurgie; enfin quelques applications du four électrique, dont il est assez difficile de trouver la place logique dans une classification d'exposition.

Cette diversité des produits et appareils a conduit M. Laneau à diviser son rapport en cinq parties successivement exposées dans l'ordre suivant : Électrométallurgie, Électrochimie, Piles et Accumulateurs, Dépôts électrolytiques et Divers. Dans chacune de ces parties, le rapporteur indique les produits présentés par les exposants; mais il ne se borne pas à une sèche énumération et donne en même temps des renseignements sur les procédés utilisés pour les produire. Son rapport devient ainsi une sorte de mise au point de l'état des diverses industries représentées à l'Exposition de Liége et offre par cela même un intérêt considérable. Aussi avons-nous cru utile de donner à nos lecteurs une reproduction intégrale de la majeure partie du rapport, malgré la place considérable qu'elle occupe. On trouvera ci-dessous ce qui concerne l'Électrométallurgie, l'Électrochimie, les Dépôts électrolytiques et les Divers; pour nous conformer à la division adoptée dans cette Revue, nous avons donné plus haut, p. 229, la partie du rapport relative aux Piles; quant aux Accumulateurs, ils se trouvent décrits dans une étude d'ensemble entreprise spécialement pour cette Revue par un de nos collaborateurs, étude dont le début est précisément publié dans ce numéro, p. 230, ce qui nous dispense de faire un nouvel emprunt au travail de M. Laneau.

I. L'Électrométallurgie était particulièrement bien représentée dans la Section française par les stands de MM. Keller et Leleux, de la Société électrométallurgique française, de la Société des procédés Girod, et par le stand de M. G. Gin; dans les sections étrangères on ne trouvait qu'un seul exposant, la Metallurgiska Patentaktiebolaget, qui exploite, à Gysinge, le procédé Kjellin [1] pour la fabrication de l'acier.

Dans tous ces stands on ne voit guère qu'échantillons d'aciers et de ferro-alliages et que photographies ou dessins de fours électriques destinés à les produire. C'est qu'en effet la question de la fabrication de l'acier au four électrique, à peine soulevée au moment de l'Exposition de 1900, est aujourd'hui à l'ordre du jour dans les milieux sidérurgiques.

Le four électrique permettra-t-il de fabriquer la fonte, le fer et l'acier en partant directement des minerais de fer? en d'autres termes le four électrique est-il capable de remplacer, dans un avenir peu lointain, le haut fourneau et ses compléments le creuset Bessemer et le four Martin? Quelques électrométallurgistes le pensent, et l'on doit reconnaître qu'en se plaçant uniquement au point de vue technique ils ont tout à fait raison. Mais, si l'on se place au point de vue économique, l'on ne saurait être aussi catégorique : les nombreux essais faits dans ces dernières années par MM. Stassano, Girod, Keller, Gin, etc., et, en particulier, ceux faits par M. Héroult dans l'usine de La Praz de la Société électrométallurgique française [2], montrent bien que dans certaines conditions le four électrique peut entrer en compétition avec le haut fourneau pour la production de la fonte, mais il est d'autre part très certain que ces conditions favorables ne sont que très rarement réalisées.

Mais il est dès maintenant hors de conteste que seul le four électrique est capable de réaliser l'affinage nécessaire à l'obtention des aciers spéciaux aujourd'hui très employés dans la fabrication de cer-

(1) A propos de ce nom, signalons une erreur commise dans l'analyse d'un article de M. Fitz-Gerald, publiée dans le numéro du 15 septembre de ce journal. Sur la foi de notre confrère *Electrochemical and Metallurgical Industrie*, nous avons attribué à Kjellin le brevet américain 428552 du 20 mai 1900, ainsi que le four représenté par la figure 3 de la page 147 extraite de ce brevet. Un erratum publié dans le dernier numéro de ce journal nous apprend que ce brevet appartient à Edward-A. Colby, et qu'il était cité précisément pour montrer que la première idée de l'application du four à induction à la fabrication de l'acier n'appartient peut-être pas à Kjellin.

(2) *La Revue électrique*, t. III, p. 344, 15 juin 1905.



taines pièces des automobiles et cycles et des machines-outils. Il semble, en outre, fort probable qu'il ne tardera pas à supplanter ou tout au moins à compléter le four Martin pour la fabrication des aciers fins et mi-fins. C'est du moins l'opinion exprimée par plusieurs métallurgistes au Congrès de Métallurgie qui s'est tenu récemment à Liége [1].

Une autre application dans laquelle le four électrique ne paraît craindre aucune concurrence pour l'instant, c'est la fabrication des ferro-alliages : ferro-chrome, ferro-tungstène, ferro-molybdène, etc., d'une importance primordiale dans l'industrie moderne des aciers.

Le *ferro-chrome,* qui s'obtient par le traitement de minerais (chromites) venant du Canada, de la Nouvelle-Calédonie, de la Turquie, etc. a été longtemps préparé au cubilot. Mais les ferro-chromes ainsi obtenus renferment toujours de 8 à 10 pour 100 de carbone et souvent une assez forte proportion de silicium. Or, pour la fabrication des aciers chromés, les métallurgistes préfèrent de beaucoup les ferro-chromes peu carburés, à tel point que le ferro-chrome à 60 pour 100 de chrome vaut environ 4000^fr la tonne quand sa teneur en carbone est de 1 pour 100, tandis qu'il ne vaut plus que 450^fr la tonne quand cette teneur s'élève à 9 ou 10 pour 100. Le four électrique, qui permet, par un affinage soigné, de réduire la teneur en carbone à 1 pour 100, a donc complètement supplanté le cubilot pour cette fabrication. C'est ainsi que le ferro-chrome est fabriqué dans les usines de la Société électrométallurgique française [2], de MM. Keller et Leleux et de la Néométallurgie, exposants qui présentaient de nombreux échantillons de cet alliage.

Le *ferro-tungstène,* employé dans la fabrication des aciers pour outils à marche rapide, ressorts de montre, aimants, etc., s'obtient par la réduction de la wolframite au moyen de charbons et de fondants siliceux ; de beaux échantillons de cet alliage étaient exposés par la Société anonyme électrométallurgique, procédés Girod.

Le *ferro-molybdène* convient fort bien pour la fabrication des aciers à outils et à blindages ; ajouté à l'acier au chrome, il donne des aciers « rapides » qui, d'après certains ingénieurs, supporteraient mieux que les aciers au tungstène le travail à chaud ; la Néométallurgie exposait plusieurs échantillons de cet alliage, ainsi que du molybdène pur.

Le *ferro-vanadium* donne à l'acier une très grande résistance et l'examen microscopique indique qu'il en uniformise la structure en atténuant la différence entre la perlite et la ferrite ; la Société des procédés Girod montrait quelques spécimens de ferro- et de cupro-vanadium.

Les *ferro-silicium* et *silico-spiegels,* aujourd'hui fort employés dans la sidérurgie pour l'affinage des bains, sont fabriqués au four électrique avec une teneur en silicium dépassant 80 pour 100. MM. Keller et Leleux en exposaient divers échantillons obtenus dans leur usine de Livet.

D'autres produits du four électrique, tels que le *ferro-titane,* l'*aluminium* et ses alliages, sont d'ailleurs également utilisés par l'industrie sidérurgique.

II. L'Électrochimie proprement dite était représentée par quatre exposants : L'Oxhydrique (Bruxelles), la Société Solvay et Cie, la Société d'Électrochimie et la Société des Forces motrices et Usines de l'Arve, ces deux derniers dans la Section française.

L'*oxygène* et l'*hydrogène* sont produits par l'Oxhydrique dans son usine de Molenbeek, près Bruxelles, par le procédé Garuti ; elle produit annuellement 70 000$^{m^3}$ d'oxygène et 140 000$^{m^3}$ d'hydrogène qui sont comprimés et vendus pour la soudure autogène et le découpage des métaux. Pour ce dernier travail, on fond au chalumeau oxhydrique un point de la tôle à découper, puis on fait arriver un excès d'oxygène dans le chalumeau : le fer brûle et l'on obtient une section très nette de tôles de plusieurs centimètres d'épaisseur, la largeur de la fente n'étant que de quelques millimètres [1].

La *soude* et le *chlore* électrolytiques sont fabriqués par la Société Solvay et Cie de Jemeppe-sur-Sambre.

Le *chlorate de potassium* est aujourd'hui fabriqué presque exclusivement par voie électrolytique ; cette fabrication est, en Europe, à peu près entièrement concentrée dans les usines de Vallorbe et de Saint-Michel-de-Maurienne de la Société d'Électrochimie et dans l'usine de Chedde de la Société des Forces motrices et Usines de l'Arve, Sociétés qui livrent actuellement à la consommation : la première, 13 000 à 15 000 tonnes ; la seconde, environ 4000 tonnes de chlorate de potassium.

Le *peroxyde de sodium,* utilisé pour la préparation de l'*oxylithe* servant à obtenir l'oxygène par simple addition d'eau. est également un produit fabriqué en France, par la Société d'Électrochimie.

[1] Voir *La Revue électrique,* t. IV, p. 116, 128, 146 et 159, 30 août et 15 sept. 1905.

[2] Voir *La Revue électrique,* t. III, p. 344, 15 juin 1905.

[1] Rappelons d'ailleurs que le chalumeau oxy-acétylénique permet d'effectuer les mêmes opérations : soudure et découpage. Pour la soudure, il serait trois fois plus économique que le chalumeau oxhydrique, d'après une Communication faite le 6 octobre dernier à la Société des Ingénieurs civils de France, par M. P. Dumesnil, à qui nous laissons la responsabilité de cette assertion.

8...

III. Les DÉPOTS ÉLECTROLYTIQUES comprenaient quelques spécimens d'objets dorés et argentés exposés dans divers stands; des tubes de cuivre fabriqués suivant le procédé Elmore par la Société française d'Électrométallurgie (laquelle présentait aussi une collection de sels de platine préparés par M. Hollard); des échantillons de fer galvanisé électriquement exposés par la Compagnie générale d'Électrolyse (d'Angleur, Belgique) et par M. A. Classen; enfin divers produits obtenus dans l'intéressante usine électrolytique J.-K. Nicolaïeff, de Moscou, qui traite électrolytiquement de nombreux déchets industriels et que, pour cette raison, M. Laneau appelle très justement « la glaneuse de l'Industrie ».

V. Les DIVERS ne mentionnent qu'un seul exposant : la Société Le Carbone qui, ainsi qu'on le sait, s'est fait une spécialité de la fabrication des divers objets en charbon ou graphite qu'utilise l'industrie électrique : charbons pour piles, pour balais, pour lampes, pour électrodes, etc.

I. Électrométallurgie. — COMPAGNIE ÉLECTROTHERMIQUE KELLER, LELEUX ET Cie (Paris). — Cette Compagnie a deux objets sociaux : l'installation d'usines pour l'exploitation des brevets Ch. Keller et l'exploitation de ses propres usines. Elle possède deux usines; l'une à Kerrousse (Morbihan), l'autre à Livet (Isère).

L'usine de Livet dispose d'une puissance totale de 15000 chevaux fournie par une chute d'eau artificielle de 60m de hauteur. Son matériel hydro-électrique comporte trois classes d'appareils : (*a*) basse tension : 5 groupes de 1200 chevaux (turbines Neyret, alternateurs Thury); (*b*) haute tension : 3 groupes triphasés de 2700 chevaux (turbines Bouvier, alternateurs Brown-Boveri); (*c*) continu : 4 génératrices de 150 chevaux alimentant moteur et accessoires de l'usine (Thury et Brown-Boveri).

La station de basse tension alimente des fours de 1200 chevaux du système Keller (fours à résistance). Ces fours font des coulées de ferro-alliages de 500kg par 2 heures, soit 6 tonnes en 24 heures.

La station de haute tension alimentera, par l'intermédiaire de transformateurs, 3 fours à capacités multiples de 1500 kilowatts, qui fourniront par jour 12 coulées unitaires de 1,2 tonne.

L'usine de Kerrousse utilise une chute de 2m,40 fournissant 600 chevaux.

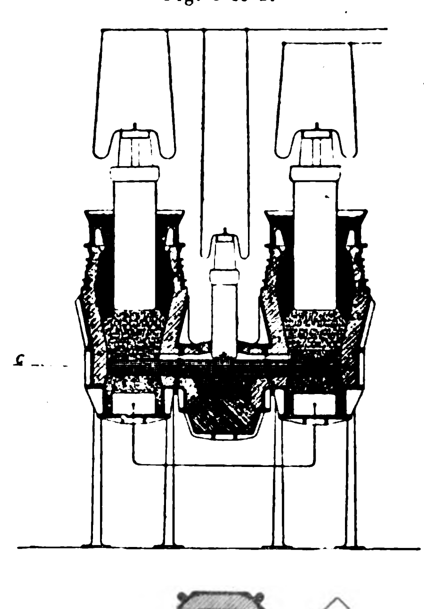
La Société fabrique dans ses deux usines 250 tonnes de ferro-silicium de diverses teneurs, de 25 à 75 pour 100 de silicium, par mois, et dont elle expose des échantillons.

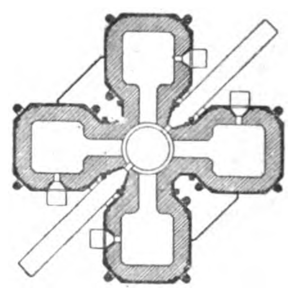
Elle fabrique aussi 150 tonnes par mois de silico-spiegel. La fabrication des alliages riches en manganèse, 38 à 40 pour 100, et silicium, 22 à 24 pour 100, se fait en traitant un lit de fusion composé de ferro-silicium, silice, charbon, minerai de manganèse.

Elle expose encore des ferro-chromes dont elle produirait 80 tonnes par mois, et des échantillons de ferro-tungstène qu'elle produirait par intervalles. La production totale des usines doit être portée sous peu à 100 tonnes par mois.

Cette Compagnie étudie aussi activement la production de la fonte et de l'acier à l'électricité. Elle montre à l'Exposition un modèle de haut fourneau a capacités multiples. Cet appareil (*fig.* 1 et 2) comporte quatre capacités réunies par leur partie inférieure à un creuset central par lequel se ferme le courant, et dans lequel se réunit la fonte résultant de la réduction effectuée dans chacune des capacités. Ce haut fourneau est à fonctionnement continu. Les électrodes auraient une durée d'un mois et leur remplacement est pour ainsi dire instantané, grâce aux chemins de roulement

Fig. 1 et 2.





Haut fourneau Keller à quatre capacités.

situés au niveau supérieur et dont les axes s'entrecroisent dans l'axe des capacités. Ces électrodes sont groupées par deux en parallèle et les deux groupes de deux électrodes sont montés en série. Pendant le remplacement d'une électrode, le courant passe ainsi dans la conjuguée. En cas de rupture du circuit par l'évacuation du creuset central; pour éviter un emballement de machine, M. Keller a disposé des barres conductrices entre les soles des capacités par lesquelles le courant passe momentanément. Il les appelle *canalisations-tampons*. Les différents échantillons de fonte exposés ont été obtenus au cours d'essais, car l'usine de Livet ne poursuit pas la fabrication de la fonte, mais bien la démonstration de la possibilité pratique de sa production au four Keller. C'est ainsi que la Société construit, dans ce but, un nouveau haut fourneau devant produire 25 tonnes par jour; l'ancien (à deux capacités) n'en produisait que 10. La figure 3 montre le profil de l'avant-projet d'une installation pouvant produire 100 tonnes de fonte en 24 heures.

Pour donner une indication de l'avenir industriel dont ces appareils sont susceptibles, nous nous reporterons aux con-

clusions du rapport de la Mission canadienne ([1]) qui évalue à 60fr,25 le prix de revient de la fonte électrique, tandis qu'elle évalue à 56fr,70 celui de la fonte américaine ([2]) et à 61fr,50 celui de la fonte anglaise ([3]). Il convient de remarquer ici que tout charbon, pourvu qu'il ne soit pas sulfureux, convient au four électrique et que son allure se règle plus facilement. Pour écourter, indiquons les conclusions de la Mission : d'après elle, la fonte électrique peut être produite industriellement à un prix lui permettant de lutter avec la fonte ordinaire dans le cas où l'énergie électrique est bon marché et le combustible coûteux. Sur la base de 50fr le cheval-an et 35fr la tonne de coke, le prix de revient est sensiblement le même dans les deux procédés. Dans les conditions habituelles, le four électrique ne peut lutter dans les endroits où les hauts fourneaux sont une industrie bien ancrée; mais, dans les cas spéciaux où l'on dispose de puissantes forces hydrauliques et où les hauts fourneaux ne sont pas établis, la réduction électrique peut être fructueuse, commercialement parlant.

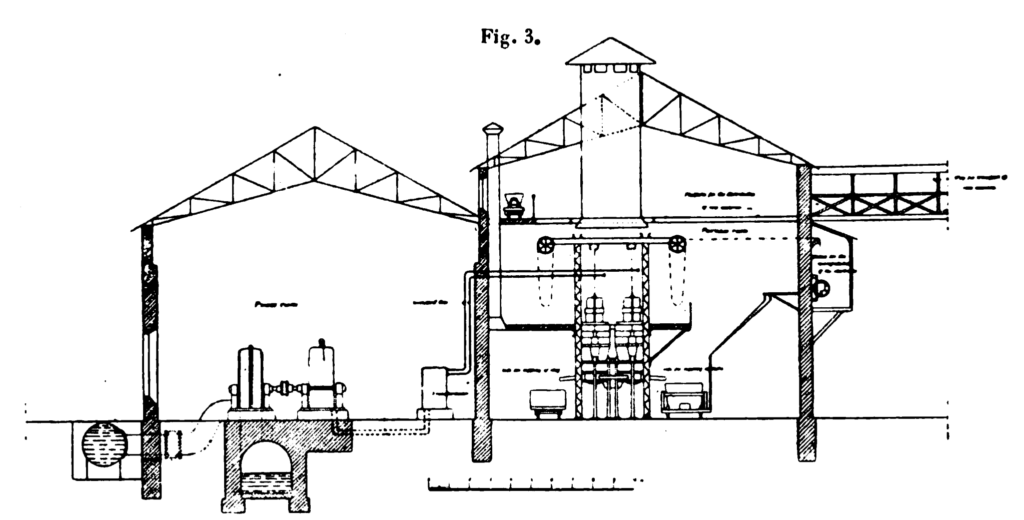
La Compagnie montre aussi divers aciers obtenus par ses procédés. Ces aciers, comme tous les aciers électriques, sont caractérisés par une grande pureté, l'affinage pouvant être poussé très loin et les fours électriques permettant le chauffage neutre et les hautes températures.

Le four Keller, du type des fours à arc, consiste en une capacité réfractaire à revêtement basique contenant les déchets à fondre introduits par charges successives. Deux électrodes passent à travers la voûte, et le courant passe de l'une à l'autre à travers la charge. Il présente de grandes similitudes avec le four Héroult, décrit plus loin et dont il ne diffère que par divers détails.

Une importante aciérie, la maison J. Holzer, d'Unieux, installe en ce moment un four électrique de ce système, destiné à achever l'affinage d'un Martin. Il permettra d'obtenir des lingots de 8 tonnes servant à la fabrication de canons de gros calibre.

Ce four serait susceptible aussi de s'appliquer avec succès au traitement des minerais de cuivre ([4]) dans certains cas ([5])

Fig. 3.



Profil d'une installation de hauts fourneaux Keller.

Société électrométallurgique française (Froges, Isère). — Cette importante Société exploite les brevets de M. Héroult et possède plusieurs usines : à Froges et au Champ (Isère), à La Praz et à Saint-Michel-de-Maurienne (Savoie), et à Gardanne (Bouches-du-Rhône). L'usine de La Praz dispose de 13000 chevaux hydrauliques et celle de Saint-Michel-de-Maurienne de 17000 chevaux, dont 6000 actuellement équipés. Cette Société fabrique de l'aluminium par le procédé Héroult bien connu ([6]) et fabrique aussi d'une façon courante et industrielle, depuis plus de 2 ans, l'acier; elle

([1]) Cette Mission, ayant à sa tête le docteur Haanel, dressa, sur l'ordre du gouvernement canadien, dans le courant de 1904, un rapport sur les industries électrosidérurgiques d'Europe.

([2]) Voici le décompte de ces prix de revient :

	Haut fourneau électrique.	Haut fourneau américain.
	fr	fr
Minerais	13,80	13,60
Coke (0,34 tonne)	11,90	32,00 (0,925 tonne)
Électrodes	3,85	»
Énergie électrique	15,50	»
Castine (180kg)	2,00	2,00
Main-d'œuvre	4,70	2,10
Soufflerie	»	0,50
Matériaux divers et ent...	6,50	6,50
Totaux	60,25	56,70

Sans vouloir nous faire illusion sur ce que ces prix, déduits d'essais, peuvent avoir d'incertain, remarquons que la main-d'œuvre est sujette à moins-value par des installations de manutention plus perfectionnées qu'à Livet. Ce Tableau montre bien que l'économie des procédés dépend avant tout des prix du combustible et de l'énergie électrique.

([3]) M. Keller estime le prix de revient de la fonte électrique à 53fr,55 pour l'usine de Livet.

Remarquons que, dans certaines installations luxembourgeoises, le prix de revient de la fonte s'abaisserait à 35fr la tonne et peut-être moins encore. Dans l'Alabama on atteindrait des prix sensiblement inférieurs.

([4]) Il y a à l'Exposition divers échantillons obtenus au cours d'essais.

([5]) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, juillet 1903.

([6]) En deux mots : dans le four Héroult à fusion ignée, l'aluminium se dépose à la cathode par l'électrolyse de l'alumine, tandis que l'oxygène brûle le charbon dont est formée l'anode. L'alumine est maintenue en fusion grâce à la présence d'un fondant : la cryolite ($6NaFl + Al^2$).

produit en outre des ferro-chrome et ferro-silicium, et étudie la production des autres ferro-alliages.

Outre les échantillons de sa fabrication d'aluminium et d'alliages à base d'aluminium dont nous retiendrons un gros câble, elle expose une série d'échantillons de ferro-alliages et toute une série de barres de divers types d'acier au carbone pour outils (0,6 à 1,60 pour 100), et dont elle fabrique plus de 3000 tonnes par an. Elle montre en somme toute la gamme des produits sidérurgiques et démontre, par le fait même, l'extrême souplesse des procédés électriques pour leur fabrication; c'est ainsi que nous y voyons depuis les aciers extra-doux, contenant des traces de carbone, jusqu'aux aciers à très haute teneur, 4,06 pour 100 de carbone (sorte de fonte obtenue par cémentation liquide). Notons encore quelques spécimens de moulages en acier extra-doux, du fer pur pour ainsi dire, entre autres une tôle de 6^{mm} et une cloche d'acier.

Ces diverses matières sont obtenues au four oscillant Héroult dont une réduction figure à l'Exposition ([1]). Il possède deux électrodes de charbon traversant la voûte et est alimenté par de l'alternatif ou du continu qui entre par une des électrodes, passe par le bain métallique à travers la couche de laitier et en sort par l'autre. Il se forme ainsi deux arcs en série. Ces fours peuvent être munis de revêtements acides ou basiques. Le four en marche à La Praz peut faire des coulées unitaires de 2,5 tonnes; à Kortfors, en Suède, il existe un four du même système faisant des coulées unitaires de 3,5 tonnes et dont les électrodes sont rafraîchies par une circulation d'eau à leur passage à travers la voûte; et la Société étudie un four qui, adjoint à un Martin ou à un Thomas de 7 tonnes, permettrait de produire 150 tonnes d'acier fin en 24 heures.

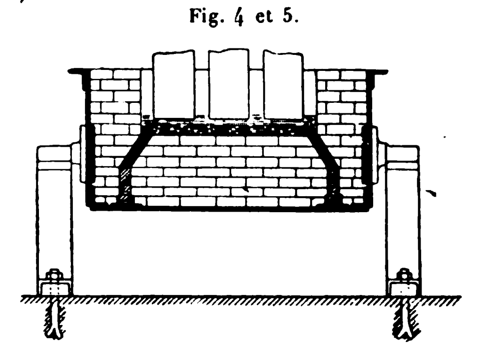
Le processus de la fabrication est le suivant : on charge dans le four de la fonte et des riblons; après la fusion, on évacue le premier laitier et, en ajoutant du minerai, on produit un laitier oxydant qui décarbure le bain. L'oxydation terminée, on évacue ce laitier et on le remplace par un laitier approprié (chaux, sable, spath-fluor) autant de fois qu'il est nécessaire pour l'épuration complète. On recarbure ensuite au degré voulu en plongeant les électrodes dans le bain ou en ajoutant de la carburite (carbure physique de fer à forte teneur en carbone). On termine par les additions : ferro-silicium, chrome, manganèse, etc., suivant la qualité voulue. Ce procédé offre des analogies avec l'*ore process* au Martin, à cela près que les laitiers peuvent facilement être plusieurs fois enlevés, renouvelés et changés de nature pour obtenir la purification, que l'on peut à volonté élever la température du four, que l'opération a lieu à l'abri des gaz, et que la recarburation peut se faire directement par le carbone grâce à la haute température.

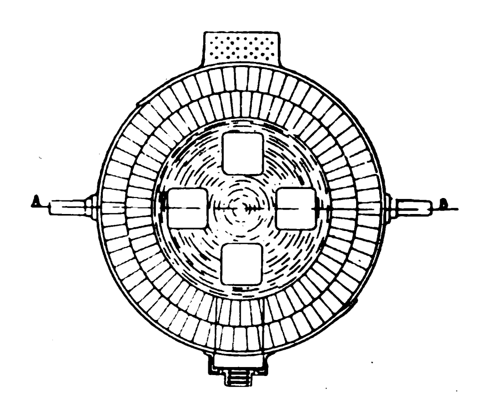
La consommation d'énergie au cours d'opérations faites devant la Mission canadienne s'élevait, suivant les cas, de 720 à 1100 kilowatts-heures par tonne d'acier ([2]). Le nombre des opérations peut s'élever jusqu'à trois par 24 heures. Le prix de revient de la fusion peut se monter à environ 39^{fr} à $38^{fr},50$ par tonne ([3]) d'acier fin.

SOCIÉTÉ ANONYME ÉLECTROMÉTALLURGIQUE, PROCÉDÉS P. GIROD (Ugine). — Cette importante Société produit toute la série des ferro-alliages et en montre une collection d'échantillons. Elle expose aussi un cupro-vanadium qu'elle fabrique couramment et qui sert à la fabrication de certaines pièces d'artillerie. Cette Société est la plus importante productrice de ferro-tungstène du monde, à notre connaissance.

Elle possède deux usines : l'une à Courtepin (Suisse), de 4000 chevaux; l'autre à Ugine (Savoie), de 8100 chevaux. Le matériel hydro-électrique de cette seconde usine comporte : six groupes continu de 600 chevaux (turbines Neyret, dynamos Schneider); neuf groupes continu de 300 chevaux (turbines Neyret, dynamos Fives-Lille); trois groupes alternatif de 600 chevaux (turbines Neyret, alternateurs Brown-Boveri).

Fig. 4 et 5.





Four oscillant Girod.

Elle dispose en outre de deux chutes non aménagées, pouvant fournir 15000 chevaux. Cette Société étudie également la production de l'acier et se livre depuis plusieurs années à des essais industriels suivis et très probants, et si elle n'exploite pas encore cette branche commercialement, ce n'est

([1]) Ce four a été décrit dans *La Revue électrique*, t. III, p. 344, 15 juin 1905. (*N. d. l. R.*)

([2]) *Rapport de la Mission*, p. 72. Remarquons que cette consommation est d'autant plus élevée que la carburation est plus forte, l'opération durant plus longtemps. C'est l'inverse pour le procédé Kjellin (*voir* plus loin). Une quantité d'énergie notable est aussi absorbée par les laitiers successifs.

([3]) Le prix de revient de la fusion de la tonne d'acier peut se décomposer ainsi :

	fr
Électrodes	1
Revêtements	7
Fondants et additions	9

Énergie : de 18^{fr} à $28^{fr},50$ suivant les qualités d'acier.

En estimant le kilowatt-heure $0^{fr},025$ pour avoir des chiffres comparables à ceux cités dans les autres procédés. Ce chiffre est élevé pour le travail hydro-électrique, car il correspond au prix de $163^{fr},50$ environ le cheval-an, prix qui peut s'abaisser pour certaines chutes à 30^{fr} ou 50^{fr} et même à 25^{fr} suivant d'aucuns. Ce prix de $0^{fr},025$ le kilowatt-heure cadrerait peut-être assez bien avec la production d'énergie électrique au moyen des gaz de haut fourneau.

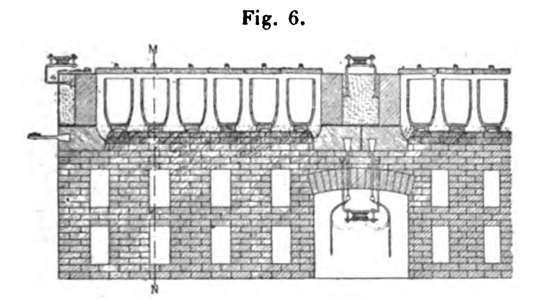
que dans le but de ne pas concurrencer ses clients pour ferro-alliages.

Ces produits sont obtenus dans des fours à fonctionnement mixte (arcs et résistance) inventés par M. P. Girod. Ces fours, munis des revêtements voulus, conviennent également très bien à la fabrication de l'acier, ainsi que le démontrent les expériences poursuivies par la Société. Le four (*fig.* 4 et 5) comporte une cuve en briques de magnésie et possède un couvercle en briques siliceuses à travers lequel passent une ou plusieurs électrodes par lesquelles arrive le courant. Le courant (alternatif) passe ensuite à travers le bain pour rejoindre les pôles inférieurs noyés dans la maçonnerie et formés par des pièces d'acier moulé, refroidies par circulation d'eau. Ces pièces (au nombre de 14 pour un four de 2m de diamètre) correspondent avec des canaux arrivant jusqu'au creuset. Ces canaux sont remplis avant la mise en marche en y coulant du fer extra-doux. Le four est placé sur un berceau pour faciliter les manœuvres.

Pour fabriquer l'acier on utilise des riblons mélangés d'un peu de fonte de bonne qualité. L'électrode ou les électrodes sont en contact avec le laitier formé au moyen de minerais très purs des Pyrénées et d'hématites de Batère. On pousse la décarburation très loin pour recarburer ensuite au degré voulu. Le four actuellement en expérience, de 250 kilowatts, fait des coulées unitaires de 1,5 tonne; l'opération dure environ 4 heures et demie [1].

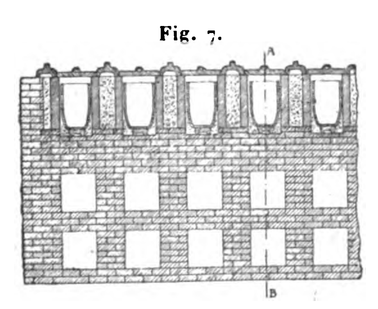
Comparé aux autres fours à arc, la consommation d'électrodes sera moindre, vu que celles-ci ne forment que l'un des pôles; et la distribution de la chaleur y est beaucoup plus uniforme.

Fig. 6.



Four Girod à résistances auxiliaires. Coupe par AB.

Fig. 7.

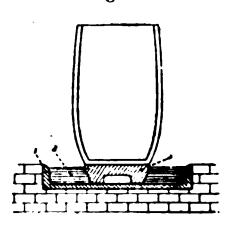


Coupe par MN.

La Société étudie et essaye également, pour la fabrication de l'acier au creuset et d'autres matières encore, un four à résistances du type du four sans électrodes à résistances, qui se compose essentiellement de capacités-cornues dans lesquelles sont placés les creusets à chauffer (*fig.* 6 et 7). Entre ces cornues l'on tasse un mélange conducteur (charbon et silice) qui s'échauffe par le passage du courant. Les conducteurs ainsi formés, auxquels le courant est amené par des pôles en graphite, peuvent être groupés, en établissant les connexions voulues, en série ou en parallèle ou en une combinaison quelconque. A Ugine on ne se sert que du montage en série, plus avantageux, le chauffage étant plus régulier.

La nature des matériaux formant les parois des cornues ne permet pas de dépasser 1400° à 1500° [1]. Aussi, pour atteindre de plus hautes températures, M. Girod a-t-il dû imaginer un dispositif spécial (*fig.* 8). Il place des résistances au fond de la cornue, et c'est par leur échauffement qu'il y parvient. Grâce à l'étranglement de la section de ces résistances, produit par l'insertion dans celles-ci des *fromages* 3 supportant les creusets, leur échauffement sous les creusets peut être porté au delà de 2000°. Il se produit ainsi au droit des creusets des *nœuds* de chaleur dont la température monte jusqu'au delà de 2000°. Pour préserver le fond et les à-côtés sur lesquels repose cette résistance, celle-ci comporte deux zones de mélanges différents, 1 et 2, de telle sorte que la partie centrale soit plus conductrice et livre passage à la majeure partie du courant. Son rayonnement intense est absorbé par les creusets, tandis que le fond est préservé. Ces résistances sont groupées de façon à avoir entre leurs extrémités une différence de potentiel plus grande qu'entre les extrémités des autres résistances. Ce four peut être réglé avec facilité, sa température peut aller de 50° à 60° jusqu'à 2000° ou 2500° en agissant sur les différences de potentiel appliquées aux bornes, sur le montage des résistances et aussi par le tassement plus ou moins prononcé ou la composition des matières conductrices.

Fig. 8.



La Société étudie depuis trois ans, dans un four de 25 kilowatts, la production de l'acier et chiffre le prix de revient de la fusion de la tonne à 23fr [2]. Il ressort de ce chiffre que cet acier électrique peut parfaitement entrer en lice avec l'acier au creuset ordinaire. En effet, Neumann indique comme prix de fusion 65fr [3]; d'autre part, on rencontre, il est vrai, des évaluations plus optimistes, mais on n'exagérera jamais en l'estimant entre les larges limites de 25fr à 50fr.

[1] Comme éléments des prix de revient de la tonne d'acier, nous ne possédons que les chiffres suivants :

	fr
Énergie consommée (1060 kilowatts-heures à 0fr,025).	26,50
Électrodes (10kg)	1
Entretien du four	8

[1] Avec des briques d'alumine, on peut aller jusqu'à 1600° et 1700°.

[2] Ce prix est décomposé comme suit :

	fr
Énergie (1440 kilowatts-heures)	11,40
Creusets	5,00
Entretien, main-d'œuvre et amortissement.	6,50

Par la construction de fours plus importants, le rendement est susceptible d'amélioration par la diminution du rayonnement.

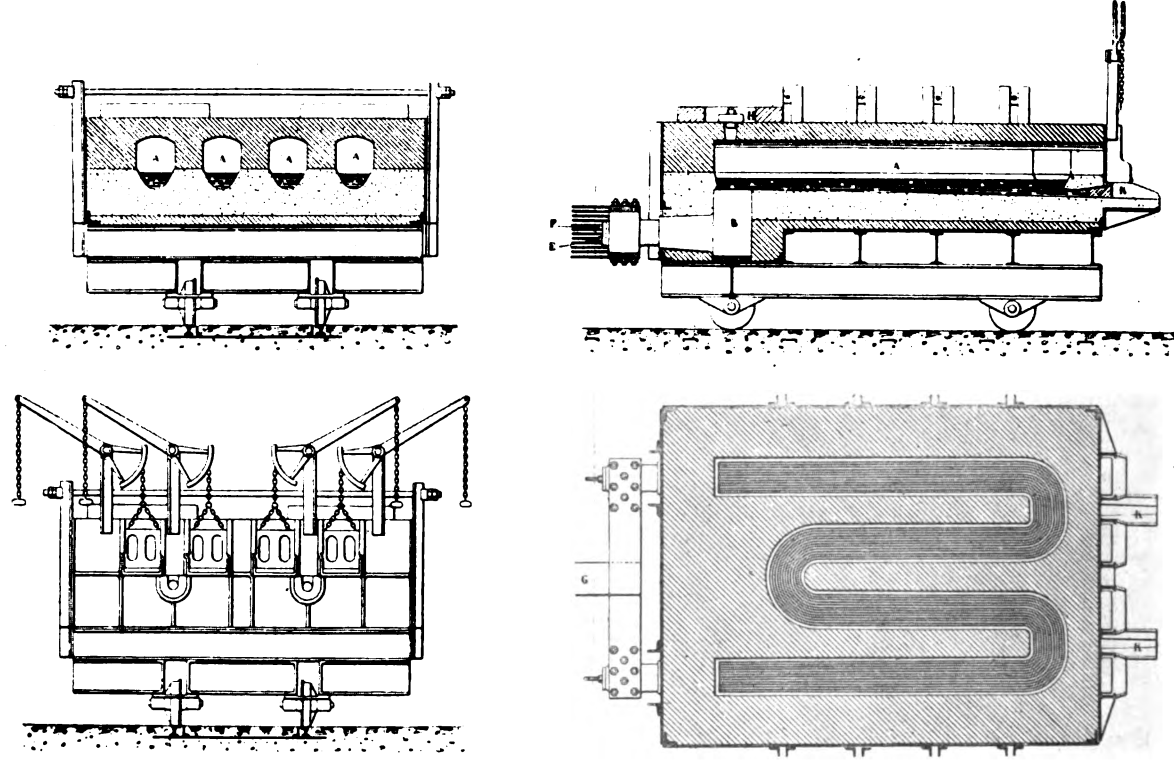
[3] *Stahl und Eisen*, 1904, n° 15.

Il évalue la consommation de charbon à 1200kg (à 12fr,50 la tonne), soit 15fr, et l'entretien des creusets à 50fr. D'autre part, il indique une consommation plus grande encore, mais avec moindre entretien des creusets.

Gin, ingénieur électrométallurgiste (Paris). — M. Gin fait une exposition très variée. Nous rencontrons d'abord, dans son stand, deux modèles de fours de son invention, destinés à la fabrication de l'acier : l'un, un four à résistance, dont un spécimen est installé à l'usine de Plattenberg, en Wesphalie; l'autre un four à arc, à fonctionnement continu, qu'il a créé cette année-ci. Nous y voyons aussi un exemplaire d'un petit four à réchauffer les rivets et qui a été admis par la Marine française. Il y montre encore une collection de produits électrosidérurgiques dont nous remarquerons les échantillons de ferro-silicium fabriqués à l'usine de Holcomb-Rock (Virginie). Il y affiche, en outre, une longue liste des diverses usines électrochimiques ou métallurgiques, montées ou en montage, avec sa collaboration ou sous sa direction. Notons encore un régulateur de machines hydro-électriques, et les exposés de diverses méthodes spéciales de réduction de minerais par fusion ignée.

Le four à résistance Gin (*fig.* 9 à 12) est constitué par une

Fig. 9 à 12.



Four à résistance Gin.

capacité sur la sole de laquelle on trace un canal de grande longueur et de faible section, dans lequel sont placées les matières à traiter. Celles-ci forment un conducteur s'échauffant par effet Joule. L'énergie est donc utilisée aussi bien que possible, la transformation en chaleur s'opérant au sein même des matières. Les pertes ne pouvant être dues qu'à ses rayonnement et conduction, on les combat par la nature des métaux et les dispositions du four. Soulignons encore la disposition des prises de courant munies d'une circulation d'eau pour éviter leur fusion. Un four de ce genre est en fonctionnement à Plattenberg depuis le mois de janvier. Les résultats économiques n'en sont pas encore connus.

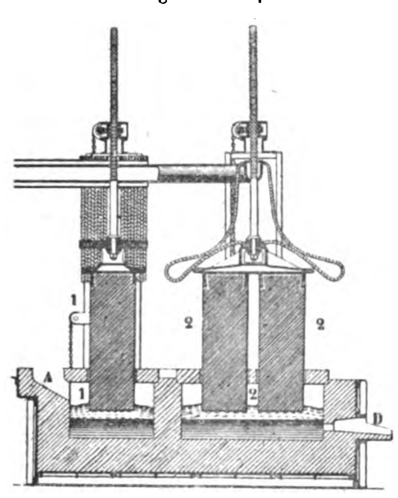
On peut reprocher à ce système la section restreinte du canal de chauffage qui ne se prête pas bien à l'introduction en masse des matières. De plus, les parois des canaux subissant l'attaque des scories, la section du bain augmente de plus en plus, nécessitant une modification constante du régime du courant. Enfin, l'addition des matières pendant l'opération, agissant dans le même sens, entraîne le même inconvénient, ce qui conduit à des moyens de correction qui compliquent les appareils électrogènes. Ces remarques ont du reste suggéré à M. Gin d'importantes modifications, d'où sont sortis ses fours à canaux et à cuvettes [1].

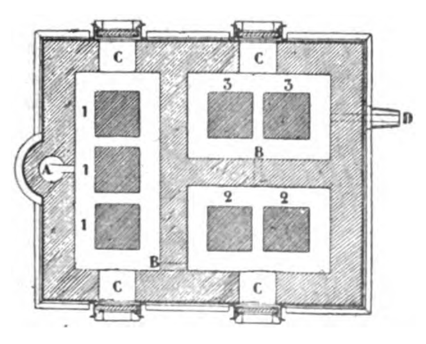
Le nouveau four à arc imaginé par M. Gin a pour but la réalisation simultanée et ininterrompue des opérations concourant à l'élaboration des aciers : fusion, oxydation des impuretés, réduction de l'oxyde de fer, recarburation ou introduction des éléments constitutifs de l'acier en fabrication. Le four comprend essentiellement (*fig.* 13 et 14) : 1° un creuset de fusion et d'épuration oxydante, 1; 2° une chambre de désoxydation et de recarburation, 2; 3° une chambre de mise à la nuance, 3. Les électrodes du compartiment 1 sont reliées à l'une des bornes de la source d'électricité et les électrodes des compartiments 2 et 3 sont reliées en parallèle avec l'autre borne. Le courant passe des électrodes au métal et réciproquement, à travers une nappe de laitier. Les bains de métal communiquent par les ouvertures B, de section suffisamment réduite pour qu'en raison de l'effet Joule le métal ne puisse en aucun cas y devenir ou y rester solide. Le garnissage des compartiments doit être approprié à leur fonction et

[1] Voir *La Revue électrique*, t. IV, p. 147, 15 sept. 1905.

l'inventeur prévoit plusieurs métaux différents : acides, basiques, neutres, pour les diverses parties de l'appareil. Il ménage des ouvertures pour permettre l'introduction des matières nécessaires (laitiers, ferro-alliages, etc.) et leur évacuation aux différentes phases de l'opération. Pour couler, on descendrait les électrodes 3 et on les immergerait dans le bain métallique, tandis que les électrodes 1 seraient relevées pour maintenir la tension de régime. L'immersion des électrodes empêchant toute dénivellation entre les compartiments 2 et 3, il ne pourrait y avoir mélange des métaux à

Fig. 13 et 14.





Four Gin.

des phases différentes d'affinage et l'on ne coulerait que du métal affiné à fond et à la nuance prévue, d'après M. Gin. La coulée faite, on relève les électrodes 3 et l'on immerge les électrodes 1; le métal oxydé passerait de 1 en 2 et l'acier carburé de 2 en 3. Puis, pendant le relèvement des électrodes 1, on coulerait dans ce compartiment le métal brut, et les niveaux seraient ainsi ramenés à leur hauteur. D'après l'inventeur, les opérations resteraient ainsi distinctes et pourraient se succéder à roulement continu. Il fait remarquer que les compartiments conserveraient sensiblement leurs températures, car chaque coulée ne déterminant que le départ d'une fraction de bain, la partie restante joue le rôle de volant thermique.

La Néométallurgie, Société anonyme (Paris). — La Néométallurgie exploite une usine hydro-électrique de 500 chevaux à Rochefort-sur-Mayenne. Elle produit du ferrochrome affiné ayant une teneur de moins de 0,5 pour 100 de carbone et du molybdène pur, ainsi que des ferromolybdènes, nickelo-molybdènes, etc., et toute une série d'alliages divers.

Elle produit aussi du mangano-silicium à 75 pour 100 de manganèse et 25 pour 100 de silicium, du mangano-siliciure d'aluminium à 45 pour 100 de manganèse, 35 pour 100 de silicium, 20 pour 100 d'aluminium; le carbone y entre pour moins de 0,2 pour 100. Elle préconise ces alliages pour l'affinage du fer et de l'acier en lieu et place des silico-spiegels, ferro-siliciums et ferro-manganèses.

Une convention avec la Société électrochimique du Giffre, Saint-Jeoire (Haute-Savoie), permet à la Néométallurgie de disposer d'une puissance hydro-électrique de 1000 kilowatts pour la fabrication des alliages en compte commun.

La Société du Giffre expose aussi à Liége quelques bocaux de carbure de calcium et quelques échantillons de ferro-silicium de diverses teneurs qui font l'objet de sa propre fabrication.

Metallurgiska Patentaktiebolaget (Stockholm). — Cette Société produit annuellement, par le four électrique de Kjellin, environ 1500 tonnes d'aciers fins [1]. Elle fabrique aussi, au moyen de ces aciers, divers outils, de petits blindages, des canons de fusil, etc. Elle présente diverses pièces d'acier, démontrant les travaux variés que peuvent subir ces produits.

Les divers essais faits par la Mission canadienne, sous la direction de M. F.-W. Harbord, à Cowper's Hill [2], les essais de Stockholm [3], les essais exécutés à Vienne, sous la direction de M. le Professeur von Tetmajer [4], et ceux exécutés à Liége [5], démontrent que ces aciers sont de qualité absolument supérieure et au moins égale à celle des meilleurs aciers au creuset de Sheffield [6]. Les blindages de 4^{mm} d'épaisseur résistent au tir des fusils modernes, à 100^{m}, avec balles à chemise de nickel.

Le four Kjellin (*fig.* 15 et 16) est un four à induction [7]. Il peut se concevoir comme un transformateur dans lequel le circuit secondaire se trouverait remplacé par du métal fondu contenu dans un creuset annulaire. Ce métal forme un circuit d'une seule spire fermée sur elle-même et qui s'échauffe sous l'action des courants induits très intenses qui s'y propagent. Le four de Gysinge absorbe une puissance d'environ 170 kilowatts en moyenne. Le primaire enroulé autour d'un des noyaux du circuit magnétique, formé de tôles isolées, est alimenté par de l'alternatif de fréquence 13 à 15, de 2600 à 3000 volts et de 50 à 90 ampères; le facteur

(1) C'est environ 1,5 pour 100 de la production d'acier en Suède.

(2) *Report of the Commission*, p. 79 et suivantes.

(3) *Ibid.*

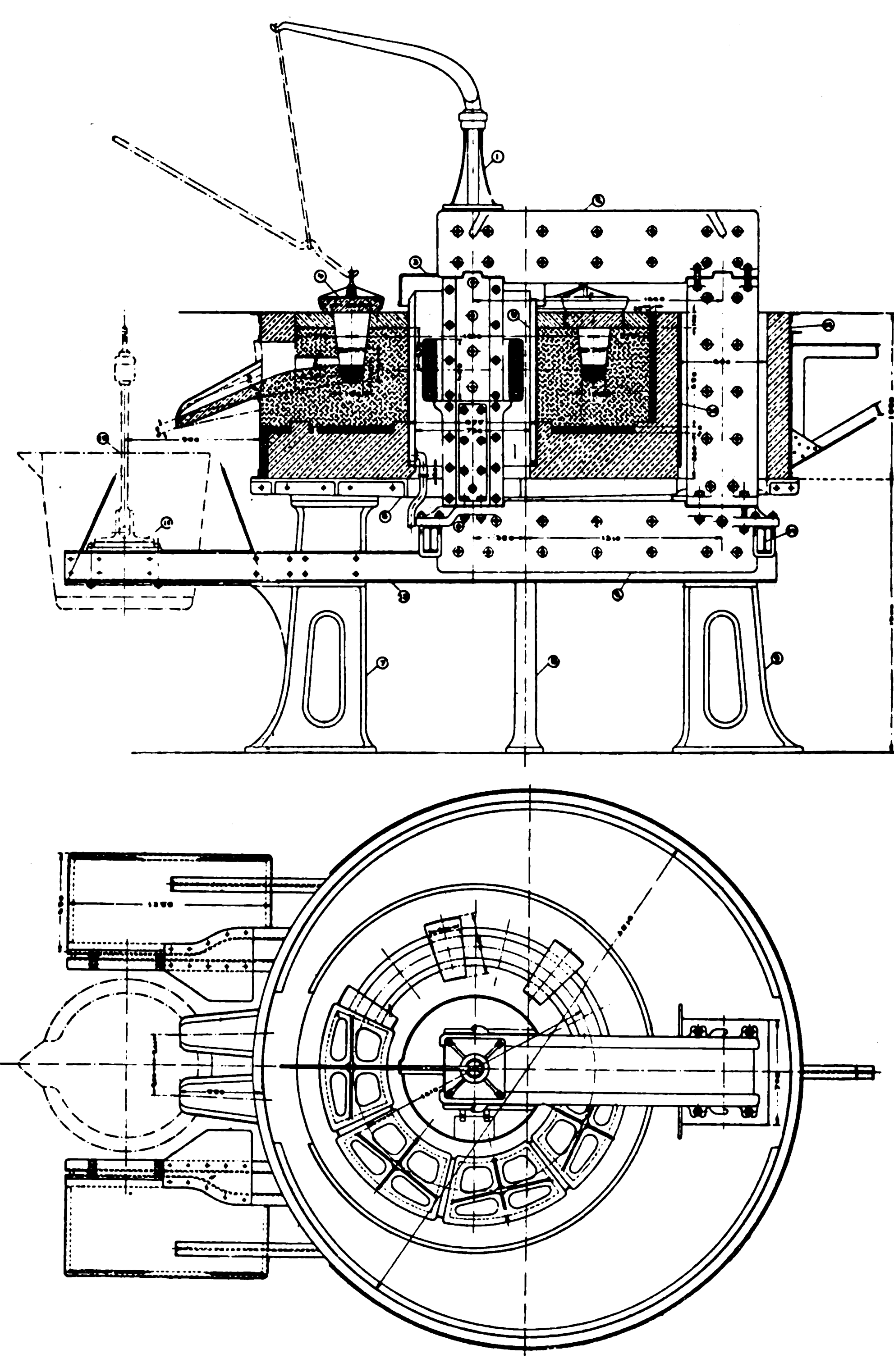
(4) *Stahl und Eisen*, 1905, n° 3.

(5) *Ibid.* D'après M. W. Engelhardt, Oberingenieur à Vienne, des canons de fusil en acier de Gysinge auraient résisté à une pression de plus de 2000^{atm}, tandis que les autres aciers éclatent à 1300^{atm}.

(6) Une lettre de la firme Bohler, de Vienne, à la Société de Gysinge reconnaît que les aciers obtenus à Gysinge se rapprochent de ses aciers au creuset, sauf pour leur teneur en manganèse.

(7) Sans vouloir nous immiscer dans les questions de priorité d'invention, signalons qu'il paraîtrait que c'est l'italien Ziani, de Ferranti, qui aurait imaginé le premier l'application des phénomènes d'induction à la fusion des métaux. Le suédois Kjellin n'aurait fait que perfectionner l'idée en plaçant l'inducteur au centre du métal en fusion, de façon à améliorer le rendement de la transformation. (*Revue de Métallurgie*, janvier 1905.)

Fig. 15 et 16.



Four Kjellin.

de puissance varie de 0,55 à 0,86, avec une moyenne de 0,68 pour les fortes charges. Il est constitué par un enroulement en cuivre isolé autour duquel on a ménagé un espace libre pour un courant d'air rafraîchissant; une chemise d'eau le protège du rayonnement du fourneau. Le creuset circulaire, maintenu et supporté par une armature métallique (à Gysinge par un massif de maçonnerie) est constitué par des briques réfractaires ou un pisé de magnésie.

Cette installation fonctionne depuis mai 1902. Pour produire une tonne d'acier, le four consomme en moyenne, d'après le journal d'exploitation, 372^{kg} de fonte dont 13^{kg} de ferro-silicium et 645^{kg} de riblons. Ces chiffres ne sont que des moyennes qui varieront à chaque opération suivant la nature des charges. Une fois la fusion faite on prélève un échantillon et l'on ajoute, suivant la teneur en carbone, un peu de fonte ou des riblons, du ferro-silicium, parfois même du minerai en briquettes. On voit que l'on opère dans ce four une sorte d'affinage (*scrap* et *ore process*), si l'on veut. Il se forme une petite quantité de laitier. Mais c'est plutôt une simple fusion (les métaux employés étant très purs, spéciaux à la Suède) dans laquelle on les dose pour produire un acier déterminé.

Une question qui surgit immédiatement à l'examen des dispositions de cet appareil est celle de son rendement. Au début de son emploi, on faisait 4 opérations en 24 heures et la production s'élevait à 4100^{kg} en 24 heures. D'après le journal d'exploitation, la tonne d'acier absorbait, pour sa fabrication, en moyenne 960 kilowatts-heures. La pratique a montré qu'en faisant des coulées unitaires moindres, mais plus nombreuses (on en fait 6 par jour), la production peut s'élever à 5000^{kg} par 24 heures, tandis que l'énergie absorbée descend à 800 kilowatts-heures par tonne, suivant la quantité d'acier produit.

M. l'Oberingenieur W. Engelhardt, de Vienne, indique que la dépense [1] théorique de la fabrication de l'acier, en partant des données sus-indiquées, serait de 489 kilowatts-heure par tonne Le rendement aurait donc passé de $\frac{489}{960}$ à $\frac{489}{800}$, soit de 50 à 60 pour 100 [1]. Avec les fours de 1000 chevaux projetés, M. Kjellin, se basant sur ses expériences et sur le fait constaté que le rendement augmente avec la puissance du four, estime pouvoir arriver à un rendement de 80 pour 100 [2].

Le prix de revient de la fusion de la tonne d'acier au four à induction peut être estimé à $23^{fr},06$ environ [3]. On voit que cela lui permet aussi d'entrer en lutte avec les aciers au creuset.

M. W. Engelhardt va encore plus loin et prévoit la possibilité de la compétition du four Kjellin et du Martin.

Un Martin de 20 tonnes la produirait à allure basique au prix de 94^{fr} à 100^{fr} la tonne, à allure acide de 106^{fr} à 110^{fr} la tonne [4]. Le four Kjellin de 1000 chevaux la produirait à $89^{fr},27$ [5]. Sa supériorité sera d'autant plus marquée que l'énergie sera moins coûteuse.

---

[1] Pour une tonne d'acier : 372^{kg} de fonte (dont 13^{kg} de ferro-silicium) et 645^{kg} de riblons :

		cal
Chauffage de la fonte jusqu'à 1300°........	372 × 0,2 × 1300 =	96 720
Chauffage de la fonte de 1300° à 1600°.....	372 × 0,48 × 300 =	53 568
Chaleur de fusion de la fonte	372 × 30	11 160
Chauffage des riblons jusqu'à 1300°........	645 × 0,2 × 1300 =	167 700
Chauffage des riblons de 1300° à 1600°.....	645 × 0,48 × 300 =	92 800
Chaleur de fusion des riblons	645 × 40 =	25 800
Total..........		447 828

dont il faut retrancher :

5^{kg} de C, dégageant en se transformant en CO.............	5 × 2473 =	12 365
$1^{kg},56$ de Si, dégageant en se transformant en SiO^2.......	1,56 × 7830 =	12 215
Total..............		24 580

Il reste donc $423\,248^{cal}$ par tonne d'acier.

Leur équivalent mécanique en joules

$$423\,248 \times 4169 = 1764 \times 10^6 \text{ joules.}$$

Leur équivalent mécanique en kilowatts-heure

$$\frac{1764 \times 10}{3,6 \times 10^6} = 489 \text{ kilowatts-heures.}$$

[1] La Commission canadienne ne l'évaluait qu'à 45,5 pour 100, p. 3 du Rapport.

[2] Il est question, d'établir en Allemagne, un four de 10 tonnes.

[3] Ce prix se décompose comme suit :

	fr
800 kilowatts-heures à $0^{fr},025$.......	20,00
Entretien du revêtement à la tonne.	3,06
	23,06

(D'après M. l'ingénieur Gunnar Dillner, de Stockholm. Rapport du *Jarn Kontoret*.)

[4] Ces prix sont éminemment variables suivant les régions et le mode de travail. Ledebur, dans son Ouvrage sur la *Métallurgie du fer*, p. 640, indique comme prix moyen en Allemagne, $90^{fr},312$.

En voir le détail (note 5) pour permettre la comparaison avec le prix de revient au Kjellin.

[5] *Stahl und Eisen*, 1905, n° 5.

Martin : la tonne (d'après Ledebur) :

	fr
250^{kg} de fonte à $68^{fr},75$ la tonne......	17,187
820^{kg} fer et acier à $56^{fr},25$ la tonne...	46,125
8^{kg} ferro-manganèse à 250^{fr} la tonne..	2,00
Frais de fabrication................	25,00
	90,312

Kjellin : la tonne (d'après Engelhardt) :

	fr
Énergie électrique à $0^{fr},025$ le kilowatt-heure et 600 kilowatts-heures par tonne.......................	15,00
250^{kg} de fonte à $68^{fr},75$ la tonne	17,187
790^{kg} de riblons à $56^{fr},25$ la tonne....	44,438
12^{kg} de ferro-silicium à $143^{fr},7$ la tonne.	1,72
Salaires..........................	1,85
Matériaux divers....................	3,81
Frais généraux, etc................	5,26
	89,265

M. H. Noble, *Fabrication de l'acier*, 1905, indique un prix de revient détaillé de $87^{fr},73$ pour les lingots d'acier Martin, auquel il faut ajouter une majoration de $2^{fr},50$ à 7^{fr} la tonne pour les frais généraux.

Ces prix sont d'ailleurs loin d'être absolus et varient avec les lieux de production et la perfection de l'outillage, la surveillance, etc. Mais ce qu'il est intéressant de faire ressortir ici, c'est la possibilité de prix de revient sensiblement pareils pour le Martin et le Kjellin.

Comparé aux autres fours électriques, ce four présente l'avantage de ne pas consommer d'électrodes. Il évite le danger de la chute d'un éclat pouvant compromettre l'opération. Le chauffage y est partout égal. Toutefois on lui a reproché de ne pas établir de circulation dans la masse en fusion et la nécessité de laisser un fond de métal pour ne pas désamorcer le four, ce qui peut rendre certaines réparations difficiles.

II. Électrochimie. — L'OXHYDRIQUE, SOCIÉTÉ ANONYME (Bruxelles). — L'Oxhydrique a construit dans les jardins de l'Exposition un pavillon dans lequel elle poursuit, sous les yeux des visiteurs, diverses démonstrations de soudure au moyen du chalumeau oxhydrique. Elle y expose aussi des échantillons de soudure variés et intéressants par les difficultés surmontées, des bouteilles de gaz et l'électrolyseur Garuti dans sa forme actuelle.

L'Oxhydrique a été fondée en 1896 dans le but de construire et d'exploiter ce dernier appareil. Après des débuts un peu difficiles par suite de la restriction des débouchés des gaz, elle parvint, sous l'impulsion de M. Jottrand, à donner une forme pratique au chalumeau oxhydrique; celui-ci devenait un outil industriel capable de s'appliquer au travail des métaux et, dès lors, la consommation des gaz alla en grandissant. Dans ces derniers temps, la Société étudia une nouvelle application très ingénieuse : le découpage des tôles et blindages par un jet d'oxygène, dont les essais, qui se poursuivent actuellement, font merveille à ce qu'il nous revient.

Pour faire face à la demande, l'usine de Bruxelles (Molenbeek) fut augmentée et produit actuellement, au moyen d'une centaine d'éléments montés en série et consommant 124 kilowatts environ, sous une différence de potentiel de 240 volts environ, en fonctionnant 300 jours pleins, 140000$^{m^3}$ d'hydrogène et 70000$^{m^3}$ d'oxygène [1]. La Société s'occupe en ce moment du montage à Sclessin d'une seconde usine de même production. Des filiales ont été successivement établies à Dusseldorf, sous le nom de Deutsche Oxhydric, et à Montbars, Lyon, Lille où l'Oxhydrique française possède ou monte des usines électrolytiques. Les procédés Garuti sont également exploités à Tivoli par MM. Garuti et Pompili, ainsi que par des Sociétés établies à Schiedam, Lucerne, Thale, Paris, etc., pour lesquelles l'Oxhydrique a construit les électrolyseurs.

L'électrolyseur Garuti [2] paraît bien être un appareil industriel des plus pratiques pour l'électrolyse de l'eau, ses dispositions diminuant autant que possible les chances de mélange des gaz produits [3] par l'ingénieux agencement des cellules, réduisant au minimum le nombre des soudures (autogènes au chalumeau oxhydrique) et par l'absence de diaphragme poreux (et de ses joints), ce qui réduit aussi sa résistance. Leur disposition se prête, en outre, à un renouvellement commode des tôles d'acier formant les électrodes et des tasseaux de bois lors de leur corrosion.

L'électrolyte employé est une lessive caustique : on sait que la potasse présente sur la soude l'avantage d'avoir une résistance moindre, permettant d'abaisser de 0,4 à 0,5 volt la différence de potentiel aux bornes; il semble donc à première vue avantageux de l'employer. Cependant son prix plus élevé arrive à compenser cette économie; aussi l'emploi de l'une ou de l'autre matière est-elle influencée également par les prix du marché. A Bruxelles notamment, on les emploie toutes deux et même parfois simultanément, certains éléments fonctionnant à la potasse, d'autres à la soude.

SOCIÉTÉ SOLVAY ET Cie (Bruxelles). — Cette puissante Société, qui constitue sans doute l'un des plus beaux joyaux de l'industrie chimique belge, a établi un pavillon, élégant et original, dans les jardins de l'Exposition. Elle y montre des photographies de ses établissements et de beaux échantillons de ses produits chimiques et électrochimiques.

Dès 1895, la Société Solvay étudia et appliqua des procédés électrolytiques. Ses procédés ont pour point de départ les brevets Castner et Kellner [1]. Elle acheta en même temps le brevet de la cellule électrolytique à mercure inventée par Castner et les brevets de l'autrichien Kellner qui, pris au même moment, auraient pu créer de graves difficultés à l'exploitation du premier. Il sera peut-être piquant de souligner ici que l'idée d'employer la cathode de mercure dans l'électrolyse industrielle des chlorures dissous remonte (1882) à un belge, M. Nolf, qui, pensons-nous, devait même être liégeois [2].

Le système Castner-Kellner fut d'abord monté dans une des usines allemandes de la Société Solvay, à Osternienburg, dans le voisinage de Strassfurt, et appliqué à la production de potasse, de soude et de chlorure de chaux, en partant du sel, de la carnallite, de la sylvinite, etc., extraits des mines des environs.

Cependant, la Société continuait ses propres recherches et arrivait à modifier profondément le type de la cellule. Celle-ci était plutôt un appareil de laboratoire agrandi. Il fallait des éléments très nombreux (295) pour constituer une unité de production (1500 chevaux). Or, il est à remarquer que tous les procédés électrolytiques, au point de vue économique, peuvent être mis sur le même pied pour une grande partie des dépenses de fabrication : coût de la force, rendement de l'énergie, consommation des matières premières; seuls deux postes sont directement influencés par les appareils employés, la main-d'œuvre et l'entretien, postes qui constituent des facteurs excessivement importants du prix de revient.

Les cellules brevetées par la Société Solvay en 1898 constituent, elles, des appareils industriels exigeant peu de main-d'œuvre et à grande production : 25 suffisent pour le même travail. Le principe fondamental de ces appareils à marche continue est de produire simplement, par l'électrolyse de la solution de chlorure, l'amalgame que l'on traite ensuite pour obtenir

(1) Le prix de l'oxygène est actuellement de 5^{fr} le mètre cube, celui de l'hydrogène 1^{fr},25; si les consommateurs sont propriétaires des bouteilles, ces prix s'abaissent respectivement à 4^{fr} et 1^{fr} le mètre cube.

(2) *Voir* descriptions : ÉRIC GÉRARD, *Leçons sur l'Electricité*, et A. MINET, *Electrochimie*.

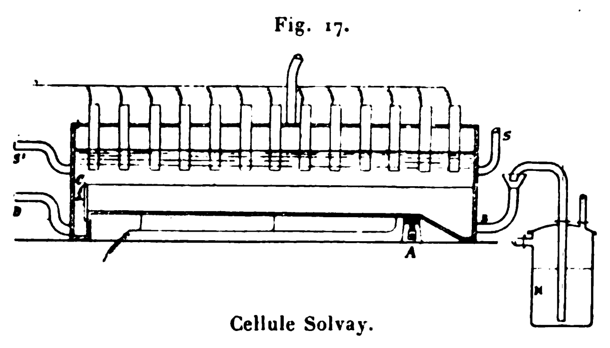
(3) Les gaz passent, à leur sortie de l'électrolyse, dans un épurateur à mousse de platine et sont remarquablement purs (1 à 3 pour 100 de gaz étranger seulement).

(1) Brièvement : dans le procédé Castner l'électrolyseur était disposé ainsi, en principe : il possédait deux compartiments; dans le premier se trouvait l'anode plongeant dans une solution de chlorure et dans le second la cathode plongeait dans une solution alcaline. Les deux compartiments étaient mis en communication par la lame de mercure couvrant le fond de l'appareil et qui jouait donc le rôle de cathode dans le premier et d'anode dans le second compartiment. Le mercure, enrichi de sodium, était poussé dans le second compartiment d'une manière quelconque : à l'aide d'agitateurs, par un balancement, etc. Dans le second compartiment se produit non seulement la formation de l'alcali par l'attaque de l'amalgame, mais encore, en suite d'une certaine électrolyse de l'eau, il se forme de l'oxyde de mercure, d'où pertes de ce dernier. Kellner, en réunissant directement le mercure à la cathode, empêche celui-ci de jouer le rôle d'électrode bipolaire, si l'on veut, et évite ainsi cet inconvénient.

(2) Davy employait aussi la cathode de mercure, mais dans le but d'isoler les métaux alcalins par voie sèche.

l'alcali. L'appareil Solvay (*fig.* 17) se compose d'une cuve rectangulaire de dimensions aussi grandes que l'on veut en longueur et en largeur. L'anode est formée par un système de charbons disposés en quinconce. La cathode est formée par le mercure couvrant le fond. Le mercure arrive par le

Fig. 17.



Cellule Solvay.

tube B, et le trop-plein, par lequel s'écoule l'amalgame plus léger que le mercure, se trouve en C; il est évacué de l'appareil par le tube D. Le mercure régénéré est remonté au moyen du monte-jus M. La dissolution de chlorure circule en sens inverse du mercure et rentre par S' pour sortir par S. On arrive ainsi à une opération méthodique, véritablement industrielle, évitant l'emploi de petits appareils et les troubles inhérents à la circulation des lames de mercure du système Castner-Kellner. L'énergie résultant de l'attaque du sodium par l'eau qui s'opère dans les appareils semblables est perdue, mais on peut la récupérer dans l'électrolyseur par un dispositif électrique spécial.

Une usine de 1000 chevaux, avec possibilité de doubler ou tripler cette puissance, fut créée à Jemeppe-sur-Sambre. Sa production actuelle s'élève à 7500 tonnes de produits divers : soude caustique, lessives de soude et de potasse, chlorure de chaux. Les résultats de l'expérience de Jemeppe furent favorables et une unité semblable fut montée dans le Donetz. La Société a également traité par licence avec une maison italienne (à Brescia) et une maison allemande (à Gersthofen).

La pureté de la soude caustique est remarquable et lui permet de lutter contre les meilleures soudes à l'alcool [1].

On fait à ces procédés électrochimiques le reproche de nécessiter des installations importantes pour une production relativement faible. Il paraît assez fondé. En effet, la salle des cellules seule couvre à Jemeppe 3600$^{m^2}$, et la halle des machines : 580$^{m^2}$ (5 machines Williams à grande vitesse). Le reste de l'installation est analogue à celles des usines à soude Leblanc : halles des chlorures, 3300$^{m^2}$, et leurs magasins, 1800$^{m^2}$, ateliers de concentration des lessives, etc. La Société dispose à Jemeppe d'un terrain de 23^{ha}.

Société d'Électrochimie (Paris). — Cette Société possède d'importantes usines à Saint-Michel-de-Maurienne et à Vallorbe. Elle a pour objet principal la fabrication des chlorates de potassium et de sodium dont elle produit annuellement 13000 tonnes à 15000 tonnes par le procédé Gall et de Montlaur. Elle en expose à Liége de beaux échantillons.

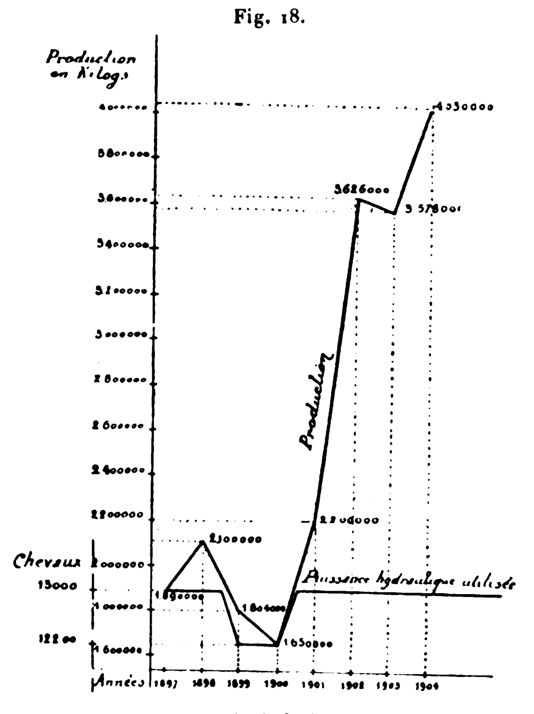
Elle fabrique également en assez grande quantité (au delà de 200 tonnes) du peroxyde de sodium qu'elle produit en faisant passer un courant d'air sur du sodium renfermé dans un tube de platine chauffé électriquement. Le peroxyde de sodium est très préconisé pour le blanchiment du lin et de la laine; en le fondant dans l'eau acidulée en proportions voulues, on forme de l'eau oxygénée à 1,50 volume, qui se conserverait indéfiniment.

En comprimant le bioxyde avec un sel de cuivre, elle fabrique un produit auquel elle donne le nom d'*oxylithe* et servant à la préparation de l'oxygène par sa simple immersion dans l'eau. Il se forme ainsi de l'eau oxygénée et de la soude. Cette dernière, en réagissant sur le sel de cuivre, donne un hydrate déterminant la décomposition de l'eau oxygénée formée et le dégagement d'oxygène.

Lorsque la demande de peroxyde de sodium se ralentit, elle s'en sert pour fabriquer du bioxyde de baryum par un procédé spécial à la Société, paraît-il. Ce dernier produit se vend aux fabricants d'eau oxygénée.

Société anonyme des Forces motrices et Usines de l'Arve. — Cette Société a également pour objet la fabrication des chlorates alcalins et, comme on le voit sur le diagramme cidessous, elle en produit plus de 4000 tonnes par an. Son usine est située à Chedde (Haute-Savoie) et dispose d'une puissance de 13000 chevaux. Elle fournit aux consommateurs les chlorates sous toutes leurs formes : gros et petits cristaux, poudres meulées et impalpables, etc. Cette Société fait état de ses installations d'aspiration évacuant les gaz de la réaction [1] et de l'amélioration de son rendement, ainsi que le montre le diagramme (*fig.* 18) qu'elle expose.

Fig. 18.



En 1899 et 1900, une partie de la force motrice a été affectée à la fabrication du carbure de calcium abandonnée depuis.

La transformation de l'usine, en suite d'améliorations apportées dans le procédé de fabrication, a été poursuivie activement depuis 1901.

La crainte de susciter de nouveaux concurrents ou d'instruire les anciens rend en général toutes ces sociétés très circonspectes dans leurs procédés de fabrication [2]. En dehors de tout autre élément d'appréciation, l'examen de ce

[1] La soude électrolytique accuse 98,95 pour 100 de NaOH et seulement 0,09 de NaCl.

[1] La formule indiquée montre qu'il se dégage dans les environs de 100$^{m^3}$ d'hydrogène par tonne de chlorate.

[2] Sous l'effet de la surproduction et de la concurrence toujours grandissante, le prix des chlorates est tombé dans ces dernières années de 1800^{fr} à 620^{fr} la tonne.

diagramme nous suggère que si perfectionnés que soient les procédés de ces usines, à ce qu'elles disent, nous ne serions cependant nullement étonné de voir la production augmenter encore avec la même dépense d'énergie.

On peut, en effet, résumer ainsi la préparation des chlorates :

$$KCl + 3H^2O = 3H^2 + ClO^3K.$$

On peut déduire de cette équation qu'un cheval-an peut produire 621kg de chlorates alcalins (moitié sodium, moitié potassium) (¹). Dans cette évaluation, nous ne tenons compte ni du rendement des machines, ni des dépenses d'énergie pour les divers services : éclairage, ateliers de réparation ou de broyage, ni des chômages pour réparations. Le diagramme nous indique seulement 310kg de chlorates par cheval-an.

III. Dépôts électrolytiques. — A. Classen (Aix-la-Chapelle). — M. le professeur A. Classen, si connu par ses travaux scientifiques, expose une nouveauté découverte au cours de ses savantes recherches. Il est arrivé à obtenir, par voie électrolytique, un dépôt de zinc absolument brillant au sortir du bain. Pour donner une idée de l'aspect du dépôt, nous comparerons les objets galvanisés par son procédé à des objets étamés.

Disons avant tout que ses procédés sont encore au brevet et que nous ne possédons aucune indication que nous puissions divulguer. A ce qu'il affirme, leur prix de revient n'est pas supérieur à celui du procédé du sulfate de zinc de Cowper-Coles et similaires. Toutes ces méthodes n'arrivent d'ailleurs qu'à donner un dépôt d'aspect terne. La supériorité de la galvanisation électrique sur la galvanisation à chaud, nom impropre si jamais il en fut, n'est plus à démontrer. Il est bien acquis que, dans le procédé à chaud, il est impossible d'obtenir une couche égale, bien adhérente et d'épaisseur voulue comme dans le procédé électrique. Une pièce galvanisée à l'électricité peut être pliée ou tordue sans perdre sa couche protectrice. En outre, le dépôt chimiquement pur ne donne pas lieu à la formation de couples voltaïques qui altèrent rapidement le dépôt aux environs des impuretés, et de plus, ces actions ne peuvent se former avec le fer, le zinc par son adhérence même le maintenant bien séparé des agents atmosphériques. La galvanisation à chaud altère aussi certains produits sidérurgiques. La fonte, notamment, ne peut la subir. En conséquence de l'emploi du AzH^4Cl et du $ZnCl^2$ dans la galvanisation à chaud, le dépôt se corrode quand un dégât mécanique se produit; en effet, les chlorures enfermés donnent lieu à une action destructive dirigée de l'intérieur vers l'extérieur. Même si l'on admettait qu'une forte couche de zinc, malgré les impuretés, puisse protéger le fer assez longtemps, celui-ci ne tarderait cependant pas à se rouiller, et cela bien que les essais à l'immersion aient pu donner des résultats parfaitement satisfaisants.

On peut se demander quel est l'avantage d'un dépôt brillant. Le docteur J. Szirmay, de Budapest (¹), qui se livre depuis plusieurs années à des études sur la galvanisation, fait remarquer que, parmi les objets qu'il observe et galvanisés à l'électricité, les uns se sont rouillés rapidement, tandis que les autres résistent parfaitement. Les examens très minutieux auxquels il s'est livré lui ont révélé que les dépôts résistants étaient purs, tandis que les autres renfermaient des sels. C'est dans cette cause qu'il faut rechercher l'origine des insuccès que l'on a parfois éprouvés avec les dépôts électrolytiques. Les dépôts qui présentent ces défauts sont ceux qui sont obtenus dans les bains où le sel zincique est combiné à d'autres sels ou qui contiennent simplement des additions de sels conducteurs avec lesquels il est impossible d'obtenir de bons dépôts. L'éclat métallique du dépôt est l'indice d'un dépôt parfaitement pur et constitue donc un criterium de sa qualité. Une galvanisation parfaite permettra d'amortir facilement l'excédent de son prix de revient sur la galvanisation à chaud par une durée très longue des objets. De plus, dans certaines applications, elle pourrait remplacer le nickelage et même l'émaillage.

Siegmar Lewy (Berlin). — Cette maison expose des objets d'art industriel, dorés et argentés électrolytiquement.

Compagnie générale d'Électrolyse (Angleur, Belgique). — Cette firme expose différents objets de toutes dimensions galvanisés à l'électricité. Le dépôt des objets exposés présente bien l'aspect caractéristique général des dépôts électrolytiques du zinc. Le procédé suivi dans les usines de la Compagnie paraît être un analogue du procédé Cowper-Coles.

Le système de décapage qui y est employé est le simple décapage au sable, à l'exclusion des procédés électrolytiques ou chimiques.

Etablissements S. Grauer et Cie (Bruxelles). — Nous rencontrons dans le stand de cette Société à peu près tous les appareils et matières employés par les galvanoplastes, de l'installation desquels elle s'est fait une spécialité. C'est ainsi qu'elle montre, entre autres, des décapeuses, des bacs électrolyseurs, des polisseuses, des plaques anodiques, des sels pour bains, etc. Notons à ce sujet un petit détail qui a sa valeur commerciale : la firme prépare, depuis assez longtemps déjà, des mélanges de sels qu'il suffit de dissoudre pour obtenir des bains bien dosés.

Nous remarquerons dans son exposition un appareil d'un modèle très pratique pour la galvanisation *au tonneau*. Il se compose d'une cuve conique inclinée et animée d'un mouvement de rotation autour de son axe. L'anode immobile provoque, en y plongeant, une violente circulation de l'électrolyte contenu dans la cuve en mouvement. La cathode est constituée par le tas d'objets qui y sont jetés et qui sont en contact avec le fond métallique du tonneau communiquant avec le pôle négatif de la source. Le rendement d'un tel appareil est évidemment assez bas, ainsi qu'en témoigne

(¹) L'équation nous montre que, lors du dégagement d'un poids de H, il se formera

$$\frac{122,5}{6} \text{ unités de } ClO^3K \left(\text{ou } \frac{106,5}{6} \text{ de } ClO^3Na \right).$$

Or, le passage d'un coulomb détermine le dégagement de 0,01037 milligramme de H, soit la formation de

$$0,01037 \times \frac{122,5}{6} \text{ milligrammes de } ClO^3K;$$

un ampère-heure

$$3600 \left(0,01037 \times \frac{122,5}{6} \right) \text{ milligrammes de } ClO^3K.$$

Or, le rendement chimique peut aller de 65 à 70 pour 100, mettons 67,5 pour 100. Et la tension aux bornes peut être d'environ 5 volts. Donc 5 volts watts-heures donneront

$$0,675 \times 3600 \times 0,01037 \times \frac{122,5}{6} \text{ milligrammes}$$

et le watt-an

$$\frac{8760}{5} \times 0,675 \times 3600 \times 0,01037 \times \frac{122,5}{6} \text{ milligrammes.}$$

et le cheval-an :

$$736 \times \frac{8760}{5}\, 0,675 \times 3600 \times 0,01037 \times \frac{122,5}{6} \text{ milligrammes} = 664^{kg},06 \text{ de } ClO^3K.$$

Pour le ClO^3Na, le calcul donne 577kg.

(¹) *La Revue électrique*, t. IV, p. 153, 15 septembre 1905.

l'épaisseur et la vigoureuse arborescence des dépôts métalliques qui se forment sur le fond. Mais ce n'est là qu'une question secondaire dans les procédés de galvanisation en tas, où le but poursuivi est avant tout la réduction des frais de main-d'œuvre d'accrochage et d'enlevage. Seuls, ils ont permis, notamment au nickelage des petits objets de peu de valeur, de prendre le développement considérable auquel nous avons assisté ces dernières années. Grâce à ce système, les pièces soumises à un frottement les unes contre les autres sont uniformément recouvertes et subissent un certain polissage qui permet de supprimer l'avivage. Comparé aux autres systèmes de tonneaux, cet appareil présente l'avantage de ne pas avoir d'organes sujets à avaries trempant dans l'électrolyte : de plus, les objets étant facilement accessibles (on les recueille avec un auget de forme spéciale), la surveillance et la conduite de l'opération sont aisées. La vitesse est d'autant plus grande que les objets sont plus menus. L'appareil qui fonctionne à l'Exposition nickèle des jetons, des boutons, des clefs, etc.

Société française d'Électrométallurgie. — La fabrication des tubes de cuivre rouge et de laiton par les procédés Elmore est exploitée par cette importante Société dans son usine de Dives-sur-Mer (Calvados) depuis 1891. Il sera sans doute inutile de reprendre ici la description de cette usine et de ses procédés si connus ([1]). Disons en passant que le rôle des brunissoirs d'agate ne semble pas encore absolument établi ; c'est ainsi qu'à Dives les galets d'agate sont fixes dans leurs chapes et opèrent par frottement, tandis qu'à l'usine allemande de Schladern ils sont montés sur des axes et opèrent donc par simple pression. Quant à la méthode, si souvent décrite, du découpage des tubes en rubans hélicoïdaux pour la fabrication des fils de cuivre, elle ne paraît pas très suivie dans la pratique. Ils s'obtiennent bien plus économiquement d'ailleurs en partant directement des *wire-bars* (cuivre électrolytique), d'origine américaine.

La Société a établi à Liége un important stand excessivement intéressant par la variété et les dimensions des échantillons de tubes qui y sont exposés.

Usine électrolytique J.-K. Nicolaeff (Moscou). — Elle a envoyé à l'Exposition de Liége une série d'échantillons de métaux raffinés et de sels obtenus dans ses ateliers en traitant les déchets ou rejets métalliques ou des lingots de métaux à raffiner qui constituent les matières premières de cette industrie. On pourrait la qualifier de glaneuse industrielle ! Créée en 1889, à Nijni-Novgorod, elle a été transportée en 1896 à Moscou, où elle acquit une grande prospérité ; sa production actuelle dépasse 2500 tonnes, avec une valeur de 5 000 000 de francs, se répartissant comme suit :

	t
Cuivre électrolytique en lames et lingots...	500
Cuivre de fusion en lingots....	115
Bronzes et alliages phosphoreux...........	200
Alliages (bronzes, métaux antifriction, ligatures, soudures, etc.)........	800
Tubes en plomb et autres produits en plomb.	320
Argent..	1
Or......	0,04
Sulfate de cuivre........................	320
Sulfate de fer.......	240
Autres produits chimiques (environ)......	10

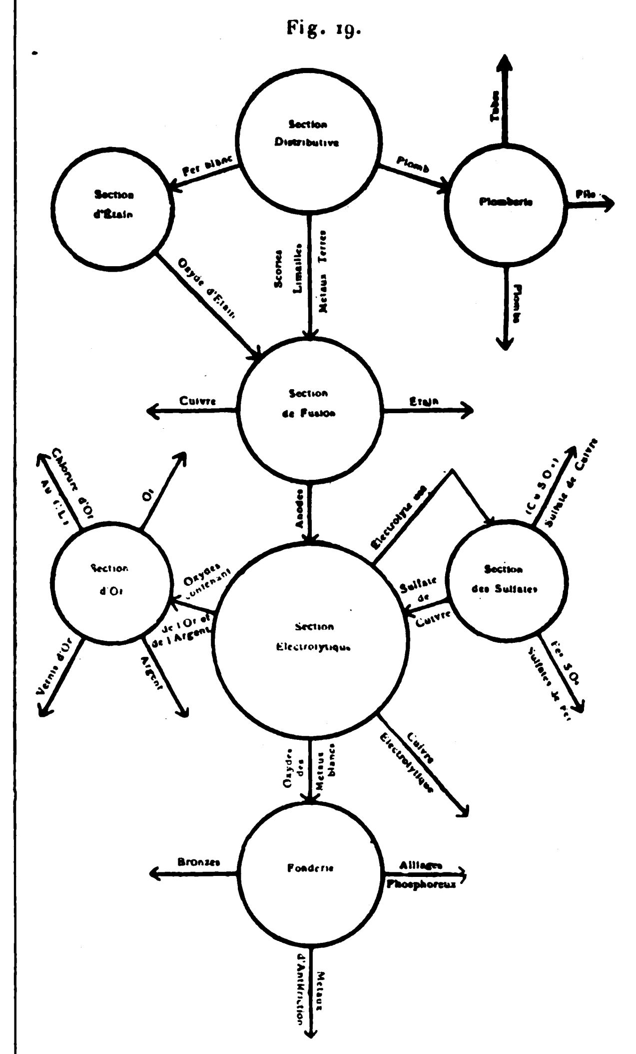
On suivra parfaitement sur le schéma (*fig.* 19) la marche générale de la production, qui vaut une succincte description.

Section de triage. — Les matières premières, à leur arrivée, sont triées et nettoyées. L'outillage de cette section se compose d'un mortier à 12 pilons, 2 moulins à boulets, 5 tamis, 2 séparateurs magnétiques, etc. Les matériaux débarrassés du fer sont dirigés vers les sections intéressées.

Section de fusion. — Le vieux cuivre, les minerais, terres de fonderie, etc., y sont dirigés et en sortent sous forme de plaques anodiques à 75-85 pour 100 de cuivre.

Section de l'étain. — Le courant est fourni par une génératrice de 12 kilowatts, débitant 600 ampères. Les

Fig. 19.



découpures de fer blanc sont placées dans des cages en fer et forment les anodes de 6 cuves. L'électrolyte est constitué par une lessive de NaOH. Sous l'action du courant, l'étain s'oxyde ; cet oxyde en présence de NaOH donne du SnO^3Na^2 (métastannate de sodium), et ce sel se décomposant à son tour donne un dépôt spongieux d'étain à la cathode, constituée par des feuilles de cuivre rouge. Au bout d'un certain temps, la lessive absorbe du CO^2 de l'atmosphère et contient des impuretés provenant de la saponification des vernis, de la rouille et des ferrates de sodium. On le régénère dans des réservoirs en fer par l'action d'un jet de CO^2 qui précipite le SnO^2 du métastannate et transforme l'électrolyte en un mélange de carbonate alcalin, avec les impuretés signalées ci-dessus. Elles sont éliminées et la soude est régénérée au moyen de chaux vive et d'un chauffage.

([1]) Voir : *Electrochimie et Electrometallurgie, à Paris*, 1900, par André Brochet.

L'étain se retire des boues de ces opérations dans un four à manche et le fer désétamé sert à la fabrication de cuivre de cément et de sulfate ferreux.

Section de plomberie. — Elle comporte deux fours et un outillage complet pour transformer le vieux plomb et les tuyaux en fils, etc.

Section du cuivre. — Son outillage se compose de 240 cuves de $3^m \times 1^m,50$, en bois garni de plomb. Quatre à six cuves, montées en tension, forment groupes, et ces groupes sont montés tantôt en série, tantôt en parallèle, suivant la densité de courant requis. L'énergie est fournie par quatre génératrices shunt alimentant quatre réseaux de cuves. Les puissances de ces génératrices sont de 25×500, 10×480, 20×400 et 25×300 volts-ampères, et la première alimente un réseau où la densité de courant atteint 0,5 ampère par décimètre carré. Ce réseau sert à affiner des anodes contenant 90 à 95 pour 100 de cuivre renfermant de l'or et envoyé par les usines de l'Oural et de la Sibérie. Les anodes provenant de limailles et de déchets contiennent 76 à 85 pour 100 de cuivre et sont traitées dans des cuves où la densité ne dépasse pas 0,2 à 0,3 ampère par décimètre carré.

L'électrolyte contient 10 à 15 pour 100 de sulfate cuivrique et 6 pour 100 d'acide sulfurique. Il circule dans les cuves par des siphons. Son agitation, si essentielle pour l'obtention d'un dépôt pur, finement cristallin, et son échauffement sont obtenus par l'insufflation d'un courant de vapeur; ce dernier sera remplacé sous peu par un courant d'air chaud plus commode. Une partie des impuretés des anodes forment un schlamm renfermant les métaux précieux; on les traite par voie électrolytique pour en retirer l'or et l'argent dans la *section de l'or*. Les résidus d'électrolyse, les oxydes de métaux blancs sont transformés dans la *section de fonderie* en alliages divers par des procédés ordinaires d'antifriction, soudure, etc.

Section des sulfates. — L'électrolyte est nettoyé et régénéré par son passage sur de l'oxyde de cuivre. Lorsqu'il est totalement usé, il passe à la section des sulfates où on retire ce qu'il reste de cuivre en le précipitant par de vieilles ferrailles dans les bacs à trois compartiments, dont le compartiment central est muni d'un piston mettant le liquide en mouvement. Il se forme ainsi du sulfate ferreux qu'on retire et le cuivre de cément sert à la fabrication des cristaux de couperose ($SO^4Cu, 5H^2O$).

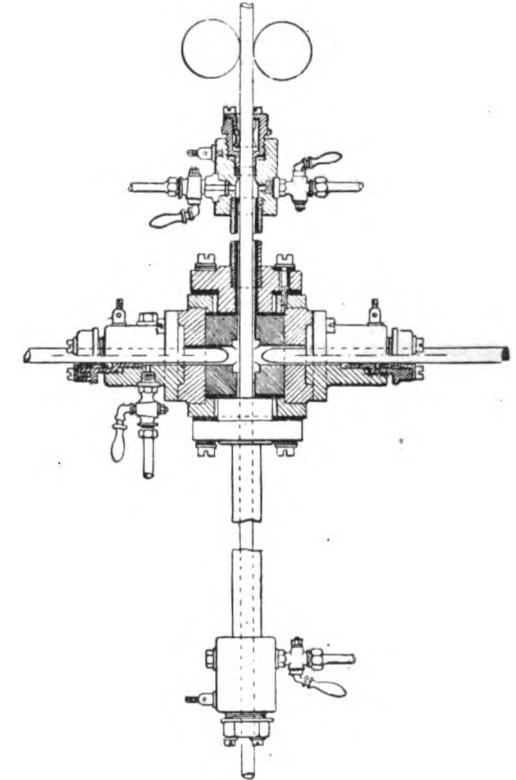
IV. Divers. — LE CARBONE, SOCIÉTÉ ANONYME (Levallois-Perret, France). — Cette Société possède trois usines, à Levallois-Perret (Seine), à Notre Dame-de-Briançon (Savoie) et à Francfort-sur-Mein. Ces trois usines emploient une force motrice de 750 chevaux dont 500 hydro-électriques. Elle produit en général tous les charbons en usage dans l'électricité : balais en charbon, charbons à lumière, charbons pour microphones, pour électrodes d'électrochimie et électrométallurgie et de piles. Non seulement la Société fabrique la matière, mais encore elle la travaille et lui donne sa forme définitive. Son outillage lui permet de construire des pièces de toutes formes : des coussinets pour roulettes de trôlets, par exemple, ou des pièces pour microphones.

Elle montre la gamme complète de ses qualités de balais, du plus conducteur au plus résistant, du plus tendre au plus dur et de toutes formes. Il est reconnu que ces charbons résistent bien à l'usure et supportent des densités de 15 à 20 amp : cm^2. Elle expose encore de fortes électrodes graphitées de $1^m,50$ sur $30^{cm} \times 30^{cm}$, remarquables par leur densité, leur homogénéité et leur résistance aux électrolytes.

Les charbons devant avoir, suivant leur destination, une conductibilité plus ou moins grande, la Société a été amenée à étudier divers modes de production. Les matières qu'elle utilise pour les obtenir rentrent au nombre de ses secrets de fabrication. Mais, d'une façon générale, les charbons cuits à la température ordinairement obtenue par les fours industriels employés sont les plus résistants, tandis que les charbons graphitisés par l'effet des hautes températures des fours électriques Girard et Street ont une conductibilité beaucoup plus grande.

On sait que ces fours [1] comportent essentiellement : une

Fig. 20.

chambre de chauffe en charbon dans laquelle débouchent une ou deux électrodes; la barre de charbon aggloméré à graphitiser la traverse d'un mouvement continu dont la vitesse est fonction de sa masse et de la température à laquelle elle doit être portée [2]. L'arc jaillit, soit entre un charbon et la tige reliée à l'autre pôle de la source d'électricité, soit entre les deux électrodes, comme dans le cas de la figure 20 et est traversé par la barre d'aggloméré.

Indiquons encore que le traitement, dont il est souvent question, des charbons au sein d'atmosphères formées de certains gaz, n'a été essayé que dans le but d'établir s'il y avait une surexcitation de la transformation en graphite, suivant la nature des milieux dans lesquels cette transformation s'opérait. Il ne s'agissait là que d'expériences purement théoriques, qui n'ont donné pour la pratique que des résultats fort peu intéressants.

---

[1] Voir *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, mai 1903.

[2] L'expérience indique que, pour transformer le charbon ordinaire en charbon graphitique, il faut dépenser par kilog. 7,36 kw:h.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

L'Exposition de Liége (Section française).

La participation de la France à l'Exposition de Liége s'est distinguée de celle des autres pays par son importance et son universalité.

L'Industrie électrique est dignement représentée et occupe dans le palais de l'Industrie et dans les halles des machines une vaste superficie couverte de produits remarquables, tant par leur fini qui est une caractéristique du travail français, que par leur abondance.

Notre tâche de cicérone a été heureusement allégée grâce à l'amabilité de M. M. Brüll, ingénieur au groupe V et qui a bien voulu nous apporter l'aide de sa connaissance parfaite de la Section française de l'Électricité.

Sur l'heureuse initiative de son président, M. Sartiaux, le groupe V a décidé d'établir un service complet de production et de distribution de l'énergie électrique. Ce service, entièrement confié à des exposants français, distribue dans toute la Section française soit du courant alternatif à 3000 ou 110 volts soit du courant continu à 110, 220 ou 440 volts, suivant les besoins et les convenances.

Le courant triphasé à 3000 volts est produit par trois groupes électrogènes installés dans les stands de la Société l'Éclairage électrique, de la Maison Sautter, Harlé et Cie et de la Société d'Applications industrielles.

Le courant produit est amené à un tableau très spacieux et très moderne exposé par la Société industrielle des Téléphones. Chacun des trois groupes générateurs y possède deux panneaux permettant de les connecter indifféremment sur trois lignes à haute tension dont deux desservent des groupes transformateurs tandis que la troisième sert à la distribution du courant à 3000 volts.

Les postes de transformation sont établis dans les stands de la Compagnie égyptienne d'électricité [1] et de La Française électrique. Cette dernière expose en outre une série de petits moteurs à courant continu et un palan électrique en 500 volts continu.

Outre l'alternateur en service que nous avons signalé, la Société l'Éclairage électrique expose une collection intéressante de petits moteurs industriels à courant continu et à courant triphasé.

L'importante Société Westinghouse a réparti son exposition entre son stand au palais de l'Industrie, que nous visiterons par la suite et la section française des halles des machines. Signalons une génératrice à courant continu actionnée par un moteur de 100 chevaux à gaz pauvre de la Société française de Constructions mécaniques. Le tableau de distribution servant à ce groupe a été monté par l'Appareillage électrique Grivolas. Il est muni d'appareils de mesures Carpentier, Richard, Chauvin et Arnoux, ainsi que d'appareils construits par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.

L'équipement électrique d'un pont roulant de 12 tonnes et 14m de portée construit par les ateliers Delattre est dû également à la Société Westinghouse. Ce pont roulant est remarquable par sa robustesse.

Enfin, avant de quitter cette très intéressante partie des halles des machines jetons un coup d'œil dans le stand de la Maison Gustin qui s'est spécialisée comme on le sait dans la construction des appareils de levage. Outre un pont roulant de 12 tonnes et 14m de portée en activité dans le hall, nous rencontrons un treuil pour pont roulant et une série de palans électriques de tous genres.

Les canalisations à haute tension sont dans les halles des machines en câbles armés à trois conducteurs, fournis par la Maison Geoffroy et Delore.

Les conducteurs nous servant au transport de l'énergie de la halle des machines au palais de l'Industrie ont été gracieusement mis à la disposition du groupe V par la Compagnie des Tréfileries du Havre. La ligne aérienne contourne les halles sur une longueur d'environ 500m. Elle est supportée par des isolateurs en verre. A son entrée dans le palais de l'Industrie la tension du courant est ramenée à 120, 240 et 480 volts (alternatif). Un réseau de distribution servant à toute la Section française est établi sous les planchers. En outre un poste de transformation établi au stand de la Société Gramme produit du 110 volts continu destiné aux récepteurs ne pouvant utiliser du courant alternatif.

Outre ce groupe transformateur, la Société Gramme, dont l'activité s'étend à toutes les branches de l'industrie électrique, expose un moteur de tramway monophasé, un moteur vertical pour turbines et essoreuses, un alternateur, une collection de moteurs à courant continu, des lampes à incandescence, des lampes à arc à feu nu ou à vase clos, des compteurs, etc. Nous y voyons aussi le buste de l'inventeur génial qui lui donna son nom, ainsi que la première dynamo construite par Gramme.

C'est dans le stand de la Société Westinghouse que s'opère la transformation du courant triphasé de 3000 volts à 120, 240 et 480 volts. Nous rencontrons une collection de moteurs à courant continu et à courants triphasés dont l'un très robuste et bobiné en cage d'écureuil est presque devenu une spécialité de la maison. A signaler également un moteur à résistance en bout d'arbre d'une puissance de 10 chevaux, un moteur à courant continu de 50 chevaux à excitation shunt, des moteurs cuirassés pour tramways et pour ponts roulants, ainsi que des démarreurs et controller. Nous rencontrons aussi un spécimen du multiple-controller, type tourelle, employé au Métropolitain avec

[1] *Voir* la description de ce poste de transformation dans ce numéro, p. 225.

son appareillage et un transformateur de 375 kilowatts remarquable par sa compacité.

Mais ce qui attire surtout l'attention du visiteur cherchant la nouveauté c'est la fameuse lampe à vapeur de mercure Cooper Hevitt; un convertisseur triphasé Cooper Hewitt basé sur la non-réversibilité du sens du courant dans les tubes est également exposé [1].

Enfin la Société Westinghouse a complété son exposition par quelques petits tableaux sous tension sortant complètement de ses ateliers et servant aux expériences dans le stand et au service général.

La Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways a installé dans son stand un magnifique lot de moteurs de traction ainsi que deux moteurs de 175 à 200 chevaux destinés au Métropolitain. En outre nous y voyons un schéma du système de commande Sprague.

La Société alsacienne de Constructions mécaniques expose également des moteurs de traction. Nous rencontrons dans son stand un alternateur triphasé système Heyland, et une collection de survolteurs triphasés dont l'un de fortes dimensions est manœuvré par un petit moteur triphasé possédant un embrayage automatique lui permettant de démarrer à vide. Ces survolteurs servent à la commande de moteurs triphasés à vitesse variable, dont un petit spécimen est exposé. Enfin nous voyons une petite dynamo Stone pour l'éclairage des trains.

Dans le stand de la Maison Hillairet-Huguet est exposé un cabestan électrique pour traction de wagons et locomotives. Ce cabestan est très simple et très robuste.

Les Ateliers de Constructions mécaniques Aster exposent quelques spécimens des groupes électrogènes au pétrole destinés à de petites installations privées et dont elle s'est faite une spécialité.

L'importante Société industrielle des Téléphones a réuni dans son stand, outre son matériel téléphonique, les produits de ses usines de Bezon : fils isolés, câbles sous plomb, câbles sous-marins, ainsi que des spécimens divers d'appareillage : disjoncteurs, disjoncteurs à temps, etc.

Nous remarquons un appareil téléphonique nouveau dont la Société vante les qualités hygiéniques du transmetteur [2] et des appareils téléphoniques étanches destinés aux mines.

Dans les stands des Maisons de la Mathe et Geoffroy-Delore se trouvent d'intéressantes collections de fils et câbles de toute nature.

Jetons aussi un coup d'œil sur les pièces de mica et micanite de la Maison Avtsine, sur les balais et porte-balais de la Maison Boudreaux, et les supports de trôlet exposés par MM. Cadiot et Cie.

La Société anonyme « le Carbone » expose à côté de pièces microphoniques et téléphoniques en charbon des balais pour dynamos très remarquables.

Une Collectivité ouvrière fondée dans le but de permettre aux petits patrons d'exposer leurs idées a donné des résultats intéressants. A noter entre autres un type de bobinage pour dynamo et transformateur imaginé par M. E. Legay et un contrôleur électropneumatique pour compresseur d'air dû à M. Bouscot.

L'exposition électrochimique française est très importante; nous ne faisons que la signaler ici, des articles spéciaux devant y être consacrés [1].

Nous arrivons aux classes de l'Éclairage et de la Téléphonie et Télégraphie. Ici plus encore que dans les parties précédentes l'abondance des matières nous forcera à être brefs.

L'Appareillage électrique Grivolas expose du matériel d'appareillage pour haute et basse tension, ainsi qu'un dispositif pour transmettre des signaux à l'un quelconque d'une série de postes différents branchés sur une même ligne. Ce système est basé sur l'emploi de lames vibrantes dont on peut faire varier le nombre de périodes [2].

MM. Barbier, Bénard et Turenne, de Paris, exposent des phares et projecteurs électriques. L'un de ces projecteurs a été installé dans les jardins près du pont de Fétinne et fonctionne tous les soirs.

Nous rencontrons ensuite le stand de la Maison Bardon où sont exposées les lampes à arc de cette marque bien connue, lampes à courant continu, à courant alternatif, triplex, ainsi que de petits arcs absorbant 1,5 ampère.

Les électro-limitateurs d'intensité construits par M. Cerbera Domingo possèdent bien les qualités de simplicité, de robustesse et de bon marché qu'on demande à ce genre d'appareils. Cette firme expose encore des compteurs, des interrupteurs et des câbles.

La Compagnie continentale de fabrication des compteurs a gaz et autres appareils a rassemblé une très jolie collection de ses compteurs pour courant continu et courants alternatifs.

Il en est de même de la Compagnie française des compteurs du système Aron et de la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines a gaz.

Cette dernière Société expose, en outre, un ondographe et différents appareils de mesure.

La Compagnie des lampes a arc « Jandus » a fourni trente lampes à arc pour l'éclairage des jardins de l'Exposition. Son stand renferme, en outre, des lampes spéciales pour le tirage des bleus.

L'appareillage de la Compagnie française des perles électriques Weissmann a comme caractéristiques sa simplicité et son bel aspect. Les douilles et culots d'incandescences et l'isolement du caoutchouc et du coton des fils sont, comme on le sait, supprimées [3].

Les Maisons Delafon et Leseible exposent dans leur stand une collection des lampes à arc sortant de leurs ateliers.

Bien que cette exposition rentre plutôt dans le domaine des Beaux-Arts, signalons en passant les lustres et bronzes d'éclairage de la Maison Guinier.

Un second portique lumineux est dû à la Maison Paz

---

[1] *Voir* pour ces appareils *La Revue électrique*, t. III, p. 271, 15 mai 1905.

[2] *La Revue électrique*, t. III, p. 321, 15 juin 1905.

[1] *Voir* ce numéro, pages 229, 230 et 236.

[2] *La Revue électrique*, t. III, p. 285, 15 mai 1905.

[3] *Id.*, t. II, p. 10, 15 juillet 1904.

et Silva qui expose ainsi son procédé d'illuminations par bandes souples.

Le Bureau de contrôle des installations électriques dirigé par M. Roux a rassemblé dans son stand une très instructive collection de câbles et appareils divers détériorés. Nous y voyons également un photomètre portatif.

Dans le stand de la Société française d'incandescence par le gaz, système Auer, se trouvent quelques lampes à arc à crayon minéralisé, brevets Blondel. Ces lampes qui, comme on le sait, donnent une lumière rouge, sont remarquables par leur bon rendement et la grande puissance de leurs électro-aimants de réglage.

Nous arrivons à l'exposition très intéressante de MM. Vigreux et Brillié. A côté d'une série de lampes à arc parmi lesquelles s'en trouve une construite pour courant triphasé de 25 périodes, nous remarquons des horloges électriques qui ont sur tous les autres systèmes exposés une incontestable supériorité, due à ce que le pendule est moteur. Le très faible courant nécessaire est fourni par une pile étalon.

Les Ateliers Thomson-Houston exposent des appareils téléphoniques système Ducousso, des tableaux pour bureaux centraux et un matériel complet pour télégraphie sans fil.

Un tableau présenté par MM. Belliol et Reiss, contient du matériel d'appareillage notamment des raccords à rivets pour lignes électriques, des fusibles américains et un type perfectionné de prise de courant centrale pour lampes à arc.

Mentionnons également les microphones de M. Bourdil, et les téléphones, sonneries, signaux électriques et tableaux de M. Burgunder.

La réputation des instruments de mesure Carpentier est à juste titre universelle. Parmi les appareils exposés nous admirons des boîtes de contrôle d'un fini remarquable, un oscillographe Blondel, des bobines d'induction et des appareils télégraphiques Baudot.

La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris expose des appareils téléphoniques pour poste multiple système Dardau.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de l'importante Compagnie des Tréfileries du Havre. Dans la vitrine de cette Société nous voyons des fils téléphoniques et télégraphiques en cuivre, bronze, aluminium et acier, ainsi que des fils bimétalliques.

L'exposition de Télégraphie et Téléphonie se complète par les appareils de MM. Darras, Ducretet, Mambret, Mildé et Kotyra et par l'exposition rétrospective du Ministère du Commerce et de l'Industrie des Postes et Télégraphes.

L'appareil télégraphique de M. Kotyra est imprimeur et a, par suite, le grand avantage de supprimer presque complètement tout apprentissage.

La Société anonyme d'Électricité et d'automobiles Mors expose des sémaphores électriques qu'elle a étudiés conjointement avec M. Sartiaux, ainsi que le système de télégraphie sans fil dû à M. Rochefort.

Les Maisons Geoffroy-Delore et La Mathe ont réuni dans leurs vitrines des fils et câbles de tous genres pour la Téléphonie et la Télégraphie.

Il nous reste à visiter les stands où sont exposées les applications diverses de l'Électricité qui n'ont pu être rangées dans les différentes catégories ci-dessus.

Nous voyons une chaufferette électrique pour tramways et un parafoudre pour haute tension construits par MM. Parvillée; un système de chauffage électrique pour appareils de laboratoires, imaginé par M. Adnet; des appareils scientifiques de M. Ancel; une petite magnéto pour allumage de moteurs à gaz de M. Bardon; un fer à souder électrique dû à M. Berlingin; des horloges électriques construites par les Maisons Blot, Garnier et Chevalier et Chateau frères; des appareils électro-médicaux Gaiffe; un matériel de radiologie et d'électrothérapie de MM. Radiguet et Massiot et un tableau indiquant l'état des aiguilles pour les postes d'aiguillage de chemins de fer imaginé par MM. Dumont et Baignères, Roisselle et Tournaire.

Mentionnons pour terminer les appareils de mesure, de contrôle de vigilance et de surveillance construits par M. Vaudrey.

Notre visite a été, hélas, bien rapide et forcément peu détaillée. Mais si brefs qu'aient été les regards que nous avons jetés sur toutes les merveilles exposées ils ont suffi pour nous remplir d'un sentiment profond d'admiration pour la vitalité et le degré de perfection de l'Industrie électrique française.

Louis L'Hoest.

Exposition de Liége (Récompenses).

Nous donnons ci-dessous la composition des jurys et la liste des récompenses accordées aux exposants ayant exposé dans le groupe V (Electricité).

Classe 23. — Production et utilisation mécaniques de l'électricité.

Jury : Président, M. Gérard (Ernest), inspecteur général, chef du cabinet du Ministre des chemins de fer, postes et télégraphes, à Bruxelles.

Vice-présidents : M. le Dr Feldmann, professeur à l'Académie royale technique, à Delft. — M. Harlé (Émile), constructeur (maison Sautter-Harlé), à Paris.

Secrétaire-rapporteur : M. L'Hoest (Gustave), ingénieur en chef, inspecteur de direction à l'Administration des chemins de fer de l'État, à Bruxelles.

Jurés titulaires : MM. Dulait (Julien), ingénieur, administrateur-gérant de la société anonyme de constructions électriques de Charleroi. — Pieper (Henri), administrateur délégué, directeur général de la Société anonyme internationale d'électricité, à Liége. — Javaux (Émile), directeur de la Société Gramme, à Paris. — Wikamper, à Liége.

Jurés suppléants : MM. Mélotte (Félix), ingénieur, directeur technique des ateliers Jaspar, à Liége. — Piérard (Émile), ingénieur principal à l'Administration des télégraphes, professeur à l'Université libre de Bruxelles, à Bruxelles. — Tudor (Henri), ingénieur et industriel, à Rosport.

Exposants hors-concours en leur qualité de juré : Ateliers « Jaspar », société anonyme, constructions mécaniques et électriques, à Liége, Belgique. — Compagnie internationale d'électricité, à Liége, Belgique. —

Engelmann A. et Cie, à Liége, Belgique. — Felten et Guilleaume Carlswerk Actien Gesellschaft, Mülheim am Rhein, Allemagne. — La Française électrique, à Paris, France. — Holzschuch (Jacques) et Bonnemaison, à Paris, France. — Maison Beer, à Jemeppe-les-Liége, Belgique. — Sautter-Harlé et Cie, à Paris, France. — Société d'applications industrielles, à Paris, France. — Société anonyme des ateliers de constructions électriques, de Charleroi, Belgique. — Société « L'éclairage électrique », à Paris, France. — Société Gramme, à Paris, France. — Société industrielle des téléphones, à Paris, France. — Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways, à Paris, France. — Vulkan, société anonyme pour Construction de machines-outils, à Vienne (Autriche).

Diplômes de grand prix : Allmânna Svenska Elektriska Aktiebolaget, à Vesteras, Suède. — Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore, à Liége, Belgique. — Elektricitäts Actien Gesellschaft vorm Lahmeyer, à Francfort-sur-Mein, Allemagne. — Hillairet-Huguet (rappel de grand prix), à Paris, France. — Geoffroy-Delore, à Clichy (Seine), France. — Kabelwerk Rheydt A. G. Rheydt, Allemagne. — Société alsacienne de Constructions mécaniques, à Belfort, France. — Société anonyme « Le Carbone », à Levallois-Perret (Seine), France. — Société anonyme Westinghouse, le Havre (Seine-Inférieure), France. — Société internationale des Électriciens, à Paris, France.

Diplômes d'honneur : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft und A. E. G., à Berlin, Allemagne. — De la Mathe (H.-G.), à Gravelle, Saint-Maurice (Seine), France. — Mechernischer Bergwerks Aktien Verein, à Mechernich, Allemagne. — Société anonyme égyptienne d'électricité, à Paris, France. — Tudor (Henri), à Rosport, Grand-Duché de Luxembourg.

Diplômes de médaille d'or : Boudreaux (Louis), à Paris, France. — Charliat (Alexandre), à Paris, France. — École professionnelle de mécanique de précision, d'horlogerie et d'électricité, à Bruxelles, Belgique.

Diplômes de médaille d'argent : Ateliers de constructions « l'Aster », à Paris, France. — Cadiot et Cie, à Paris, France — Carl Ludwig, à Schœnberg, Allemagne. — Darton J. et Co, Clerkenwell optical Works, à Londres, Angleterre. — De Traz (Jean), à Paris, France. — Porquellanfabrik Werkelsgrün, Karlsbad, Autriche. — United flexible metallic Tubing C^o, à Londres, Angleterre.

Diplôme de médaille de bronze : Parvillée (Achille et Louis), à Paris.

Diplômes de mention : Hottelart (Clovis), à Roubaix, France. — Pagnoul (Jean), à Jemeppe-sur-Meuse, Belgique. — Schieber (Eugène), à Merch, Grand-Duché de Luxembourg.

CLASSE 24. — ÉLECTROCHIMIE.

Jury : Président, M. Bethmont (Daniel), administrateur de la Société « L'Electrométallurgie » de Dives, à Paris.

Vice-président : M. Gillon (G.), professeur à l'Université catholique de Louvain, à Louvain.

Secrétaire-rapporteur : M. Fredet (Henri), accumulateurs électriques au sulfhydrate d'ammoniaque, à Brignoud (Isère).

Juré titulaire : M. Alker (Ch.), ingénieur électricien, à Bruxelles.

Juré suppléant : M. Laneau (Maurice), ingénieur civil des mines, ingénieur électricien, à Bruxelles.

Exposants hors concours en leur qualité de juré : Fredet (Henri), à Brignoud (Isère), France. — Leclanché et Cie, à Paris, France. — Société d'électrométallurgie de Dives, à Paris, France. — Société Gramme, à Paris, France.

Diplômes de grand prix : Accumulateurs Tudor (Société anonyme), à Bruxelles, Belgique. — Compagnie électrothermique Keller, Leleux et Cie, à Paris, France. — Classen (Alexandre), à Aix-la-Chapelle, Allemagne. — Manufacture des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à Paris, France. — Société anonyme pour le travail électrique des métaux, à Paris, France. — Société anonyme électrométallurgique, procédés F. Girod, à Ugine (Savoie), France. — Société d'Electrochimie, à Paris, France. — Société des forces motrices et usines de l'Arve, à Grenoble (Isère). — Solvay et Cie, à Bruxelles, Belgique.

Diplômes d'honneur : Compagnie française de charbons pour l'électricité et Bancelin (Edme), à Paris, France. — Gin (Gustave), à Paris, France. — La Néométallurgie (société anonyme), à Paris, et Société électrochimique du Giffre, à Saint-Jeoire (Haute-Savoie), France. — Les établissements Grauer S. et Cie, à Bruxelles, Belgique. — L'Oxhydrique (Société pour l'exploitation des procédés électrolytiques Garuti), à Bruxelles, Belgique. — Nicolaeff (J.-K.), Société anonyme d'usine électrolytique, à Moscou, Russie.

Diplômes de médaille d'or : Compagnie française de l'accumulateur Aigle, à Paris, France. — Delafon (Philippe), à Paris, France. — Dinin (Alfred), à Puteaux (Seine), France. — Jeantaud (Ch.), à Paris, France. — Société anonyme des accumulateurs Chelin, à Bruxelles, Belgique.

Diplômes de médaille d'argent : Dary (Georges), à Clamart (Seine), France. — Schuller (Paul), à Paris, France. — Société anonyme des manufactures de câbles, accumulateurs et appareils électriques, à Seneffe, Belgique. — Wedekind (Adolphe), à Hambourg, Allemagne.

Diplôme de médaille de bronze : Levy Siegmar, à Berlin, Allemagne.

CLASSE 25. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Jury : Président, M. Sartiaux (Eugène), ingénieur électricien, à Paris.

Vice-président : M. le Dr Wedding, professeur à l'Académie royale technique, à Charlottenburg.

Secrétaire rapporteur : M. Henrion (Albert), ingénieur en chef du service du gaz et de l'électricité de la ville de Liége, à Liége.

Juré titulaire : M. Bède (Émile), ingénieur, ancien professeur à l'Université de Liége, à Bruxelles.

Jurés suppléants : M. Lacomblé (Édouard), ingénieur électricien de la ville de Bruxelles, à Bruxelles. — M. Robard (René), ingénieur, administrateur de la Société « L'Éclairage électrique », à Paris.

Exposants hors concours en leur qualité de juré : Cance et fils et Cie, à Paris, France. — Compagnie internationale d'éléctricité de Liége, Belgique. — La Mutuelle électrique, Liége, Belgique. — Société de construction électrique de Charleroi, Belgique. — Société Gramme, à Paris, France. — Société industrielle des téléphones, à Paris, France.

Diplômes de grand prix : Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft und A. E. G., à Berlin, Allemagne. — Appareillage électrique Grivolas, à Paris, France. — Barbier, Bénard et Turenne, à Paris, France. — Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, à Paris, France. — Guinier (Ed.), à Paris, France. — Luppens (H.) et Cie, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme des fonderie et tréfilerie de bronzes phosphoreux, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme Force et Éclairage, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme pour la fabrication d'appareils d'éclairage, à Liége, Belgique. — Société anonyme Westinghouse, à Paris, France. — Société française d'incandescence par le gaz, système Auer, à Paris, France. — Wilmotte fils, à Liége, Belgique.

Diplômes d'honneur : Bardon (Louis), constructeur électricien, à Clichy (Seine), Franee. — Bergmann Elekt. Werke A., à Berlin, Allemagne. — Compagnie continentale de fabrication des compteurs à gaz et autres appareils, à Paris. France. — Compagnie française des compteurs Aron, à Paris, France. — Compagnie française des perles électriques Weissmann, à Paris, France. — Friésé (Paul), à Paris, France. — Lampe Phœnix elektrotechnische Gesells. Hollendorffstrasse, à Berlin, Allemagne. — Paz et Silva, à Paris, France. — Société anonyme des usines industrielles Lux, à Munich, Allemagne. — Vigreux et Brillé, à Levallois-Perret (Seine), France.

Diplômes de médaille d'or : Andouche et Leclercq, à Charleroi, Belgique. — Compagnie des lampes à arc Jandus, à Paris, France. — Moreau frères, à Liége, Belgique. — Regina Bogenlampenfabrick Haftung Kolnsulz, Allemagne. — Roux (Gaston), bureau de contrôle des installations électriques, à Paris, France. — Société anonyme des accumulateurs Chelin, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme « Les ateliers du Rœulx », Le Rœulx, Belgique. — Véry (Hector), à Paris, France.

Diplômes de médaille d'argent : Ateliers Tantôt frères, à Bruxelles, Belgique. — Chambre syndicale du bronze, de l'éclairage et des industries qui s'y rapportent, à Bruxelles, Belgique. — Cerbera Domingo, à Paris, France. — Delafon (J.) et Leseible, à Paris, France. — Manufacture parisienne d'appareillage électrique, à Paris, France. — Manufacture de porcelaine, à Merkelsgrün, près Karlsbad, Autriche. — Serrurier et Cie, à Liége, Belgique. — Société civile des usines et mines de houille du Grand Hornu, à Hornu près Mons, Belgique.

CLASSE 26. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Jury : Président, M. Lambotte (Lucien), ingénieur en chef, directeur de service à l'Administration des télégraphes, à Liége.

Vice-présidents : MM. Boulvin (Roch), ingénieur à Bruxelles; Meyer-May (Albert), directeur du service « constructions électriques », à la Société industrielle des téléphones, à Paris.

Secrétaire-rapporteur : M. Roosen (Alfred), ingénieur en chef, inspecteur de direction à l'Administration des télégraphes, à Bruxelles.

Juré titulaire : M. le Dr Berger, ingénieur des télégraphes, à Berlin.

Jurés suppléants : M. Dussart (C.). ingénieur à l'Administration des télégraphes, à Liége.

M. Pasquet, sous chef de bureau au Sous-Secrétariat d'Etat des postes et télégraphes, à Paris.

Exposants hors concours en leur qualité de juré : Association des ouvriers en instruments de précision, à Paris, France. — Compagnie des tréfileries du Havre, à Paris, France. — Darras (Alphonse), à Paris, France. — Société d'électrométallurgie de Dives, à Paris, France. — Société française pour la fabrication des tubes, à Louvroil (Nord), France. — Société industrielle des téléphones, à Paris, France. — Felten et Guilleaume-Lahmeyerwerke, à Mülheim-sur-Rhin, Allemagne.

Diplômes de grand prix : Ateliers Thomson-Houston, à Paris, France. — Bell Telephone Manufacturing Co, à Anvers, Belgique. — Carpentier (Jules), ateliers Ruhmkorff, à Paris, France. — Deutsch Telephonwerke, à Berlin, Allemagne. — Marconi's Wireless Telegraph, à Londres, Angleterre. — Mildé (Ch.), fils et Cie (rappel de grand prix), à Paris, France. — Ministère des chemins de fer, postes et télégraphes, à Bruxelles, Belgique. — Ministère du commerce, de l'industrie des postes et télégraphes, à Paris, France. — Société anonyme des fonderie et tréfilerie de bronze phosphoreux, à Bruxelles, Belgique. — The Antwerp Telephone and Electrical Works, à Anvers, Belgique.

Diplômes d'honneur : Deutsche Waffen- und Munitions-fabriken, à Berlin, Allemagne. — Ducretet (Eugène), à Paris, France. — Kabelwerk Rheydt A.-G. Rheydt (Rheinpreussen), Allemagne. — La Mathe (G. et H.-B. de), à Gravelle, Saint-Maurice (Seine), France. — Mambret et Cie (anciennes sociétés de Branville et Cie, et Louis Digeon et Cie), à Paris, France. — Société d'électricité et d'automobiles Mors et Sartiaux (Eugène), à Paris, France. — Société de Poilly de Brigode, à Folembray (Aisne), France. — Usine Frederic Eyst, à Liége, Belgique.

Diplômes de médaille d'or : Burgunder (Alfred), à Paris, France. — Davin-Glibert (Jean), à Bruxelles, Belgique. — Hen, Leon et Cie, fabrication de fils et câbles pour l'électricité, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme des manufactures de câbles, accumulateurs et appareils électriques, à Seneffe, Belgique.

Diplômes de médaille d'argent : Delafon (J.) et Leseible, à Paris, France. — Fontaine-Souverain, à Dijon (Côte-d'Or), France. — Gérard (Émile) et Cie, à Liége, Belgique. — Iwan Zanden, à Stockholm, Suède. — Kotyra (Max), à Paris, France.

Diplômes de médaille de bronze : Belliol et Reiss, à Paris, France. — Fournial (Jean), le Havre (Seine-Inférieure), France. — Gaillard (Achille), à Béziers (Hérault). France. — Minsier (Oscar), à Jauche,

Belgique. — Woittequand (Charles), à Charleville (Ardennes), France

Diplômes de mention honorable : Francotte (Joseph) et fils, à Jauche, Belgique. — Ghysens (M.), à Liége, Belgique.

Classe 27. — Applications diverses de l'électricité.

Jury : Président, M. Dumont (Georges), ingénieur-électricien, à Paris.

Vice-président : M. Libert (Joseph), inspecteur général des mines et ingénieur-électricien, à Liége.

Secrétaires-rapporteurs : MM. de Bast (Omer), ingénieur, sous-directeur de l'Institut Montefiore, à Liége; Hobzschuch (Jacques), ingénieur des arts et manufactures, inspecteur des services techniques de l'exploitation de la Compagnie des chemins de fer du Nord, à Paris.

Jurés titulaires : MM. le Dr Wirtz, professeur à l'Académie technique, à Darmstadt; Mascart (Léon), fils, horlogerie électrique, directeur de la Société des établissements Henry Lepaute, à Paris; Richard (Jules), ingénieur-constructeur, à Paris.

Juré suppléant : M. Colard (Oscar), ingénieur des télégraphes, chargé de cours à l'Université de Gand, à Bruxelles.

Exposants hors concours en leur qualité de juré : Association des ouvriers en instruments de précision, à Paris, France. — Compagnie française des mines et usines d'Escombrera-Bleyberg, à Bleyberg-Montzen, Belgique. — Compagnie internationale d'électricité (Société anonyme), à Liége, Belgique. — Dumont et Baignères, Rousselle et Tournaire, à Paris, France. — Richard (Jules), à Paris, France. — Société anonyme des ateliers de constructions électriques de Charleroi, Belgique. — Société d'électricité et d'automobiles Mors et Sartiaux (Eugène), à Paris, France. — Société des établissements Henry Lepaute, à Paris, France. — Société Gramme, à Paris, France. — Société industrielle des téléphones, à Paris, France.

Diplôme de grand prix : Carpentier (Jules), à Paris, France. — Chauvin et Arnoux, à Paris, France. — Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériels d'usines à gaz, à Paris, France. — Ducretet (Eugène), à Paris, France. — Gaiffe (Georges), à Paris, France. — Gérard (Emile) et Cie, à Liége, Belgique. — Kohl (Max), à Chemnitz (Saxe), Allemagne. — Land und Seekabelwerke Actiengesellschaft, à Cologne, Allemagne. — Radiguet et Massiot, à Paris, France.

Diplôme d'honneur : Hoho, Paul, à Bruxelles, Belgique.

Diplômes de médaille d'or : Adnet (Émile), à Paris, France. — Avisine et Cie, à Paris, France. — Béranger (Charles), à Paris, France. — Blot, Garnier et Chevalier, à Paris, France. — Château frères et Cie, à Paris, France. — Clerc (Louis), à Paris, France. — Cointe (Ch.), à Paris, France. — Darras (Alphonse), à Paris, France. — Dunod (Ch. Vve), à Paris, France. — Force éclairage (Société anonyme), à Bruxelles, Belgique. — Gauthier-Villars, à Paris, France. — Mambret (G.) et Cie, à Paris, France. — Montpellier (J.-A.), à Paris, France. — Onland Van de Kasteele (F.), à Utrech, Pays-Bas. — Richez et Cie, à Bruxelles, Belgique. — Société anonyme liégeoise pour la construction des machines, à Liége, Belgique. — Syndicat professionnel des usines d'électricité, à Paris, France. — Vigreux (C.) et Brillé (L.), à Levallois-Perret (Seine), France.

Diplômes de médaille d'argent : Ancel (Louis), à Paris, France. — Appareillage électrique Grivolas, à Paris, France. — Berlingin (Melchior), à Penchot (Aveyron), France. — Bouscot (Émile), à Paris, France. — Dutertre (Georges), à Levallois-Perret (Seine), France. — Fabrique d'explosifs de sûreté et de détonateurs de E. Ghinijonet et Cie, à Ougrée, Belgique. — Kaisser, à Lille (Nord), France. — Lacoste (J.) et Cie, à Paris, France. — Leguay (Ernest), à Paris, France. — Parvillée (Achille et Louis), à Paris, France. — Société anonyme de dynamite de Matagne, à Matagne-la-Grande, Belgique. — Société anonyme des explosifs de Clermont, Müller et Cie, à Liége, Belgique. — Société anonyme Westinghouse, à Paris, France. — Société pour le travail électrique des métaux, à Paris, France. — Vaudrey (Paul), à Paris, France.

Diplômes de médaille de bronze : Marquer (Albert), à Paris, France. — Sallin (Jean), à Paris, France. — Toupart (J.), à Malakoff (Seine), France.

Diplômes de mention honorable : Le Chevalier (Alexandre), à Cabourg (Calvados), France. — Lucas (docteur André), à Monte-Carlo, France. — Nathanson, à Copenhague, Danemark.

Informations diverses.

Traction. — Le New-York, New-Haven and Hartford Railroad, l'un des premiers chemins de fer électriques des États-Unis, vient de décider la substitution sur ses lignes de la traction par courant monophasé à la traction par courant continu actuellement utilisée. La Westinghouse Company, qui est chargée de la transformation, devra fournir à bref délai 25 locomotives pour le service des trains de voyageurs. Chacune de ces locomotives pèsera environ 78 tonnes et devra permettre d'obtenir une vitesse commerciale de 78 km : h, avec des trains de 200 tonnes, s'arrêtant en moyenne tous les 4^{km}, et une vitesse d'au moins 97 km : h entre stations. Pour le service de grande vitesse, une vitesse de 96 à 112 km : h devra pouvoir être réalisée avec des trains de 250 tonnes; dans ce cas chaque train comprendra deux ou un plus grand nombre de locomotives commandées par le système à unités multiples. Le réseau empruntant certaines lignes du New-York Central and Hudson River Railroad équipées avec courant continu, les moteurs devront pouvoir fonctionner avec alimentation par courant continu. Ces moteurs au nombre de 4 par locomotives, seront du type Westinghouse sans engrenages, et seront connectés par deux en série.

Télégraphie sans fil. — Sur le mont Tamalpais, près de San Francisco, est en construction une station de télégraphie sans fil qui doit permettre les communications avec les îles Hawaï, à une distance de 3700^{km}. On espère pouvoir la mettre en service dans deux mois.

Tome IV. N° 45. — 15 novembre 1905.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

INFLUENCE PERTURBATRICE DES LIGNES DE TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

SUR LES APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES.

MOYENS DE DÉFENSE.

Les canalisations électriques industrielles et surtout les lignes de tramways ont sur leur compte de nombreux méfaits; les principaux sont les phénomènes d'électrolyse produits sur les conduites métalliques voisines de la ligne (conduites d'eau, de gaz, ponts métalliques, etc.) et les perturbations aux communications télégraphiques et téléphoniques. Les importants services publics ainsi atteints se sont défendus et ont obtenu des règlements obligeant les Compagnies de tramways électriques à certaines précautions [1]. Ces règlements diffèrent d'ailleurs suivant les pays, ce qui est une preuve de la complexité de la question.

Les laboratoires de physique et d'électrotechnique et les observatoires magnétiques utilisent des appareils qui sont influencés par les courants des tramways. Je m'occuperai dans cet article de ces perturbations souvent très gênantes et des moyens d'y remédier.

I. Causes des perturbations. — Le courant des lignes de tramways produit un champ magnétique qui s'ajoute au champ magnétique terrestre et peut troubler profondément celui-ci; par suite, tous les appareils dans lesquels se trouve utilisé le champ magnétique terrestre sont atteints.

Ce champ magnétique perturbateur se compose de deux parties de caractères différents : le champ des courants d'aller et de retour et celui des courants vagabonds. Si les rails, qui constituent le conducteur de retour, étaient isolés du sol, le courant d'aller et le courant de retour auraient même intensité en des points en regard; il est facile de se rendre compte que, dans ces conditions, les actions des deux courants en un point

[1] On consultera avec fruit sur toutes ces questions l'excellent Traité de MM. Blondel et Paul Dubois : *La traction électrique*, Baudry, Paris. *Voir* aussi un Rapport de Potier, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 1896.

un peu éloigné étant de valeurs voisines et presque opposées l'une à l'autre, l'action totale devient rapidement négligeable.

Supposons pour simplifier les courants transmis par deux fils parallèles indéfinis, qui sont ainsi parcourus par le même courant d'intensité I, l'un dans un sens, l'autre dans le sens opposé; soit a la distance des deux fils; le champ magnétique en un point placé à une distance R du milieu de la distance des deux fils est donné par [1]

$$F = \frac{2aI}{R^2}.$$

Il est en raison inverse du carré de la distance; soit par exemple $a = 6^m$, $I = 100$ ampères; la valeur de F en gauss (unités électromagnétiques C.G.S.) sera

$$F = \frac{2 \times 600 \times 10}{R^2} = \frac{12000}{R^2};$$

pour $R = 50^m = 5000^{cm}$, on aura $F = 0,5 . 10^{-3}$, valeur qui est environ 1000 fois plus faible que celle du champ magnétique terrestre.

Ainsi, à peu de distance des lignes cette action serait déjà négligeable. Mais ces conditions ne sont jamais réalisées dans la pratique; les rails ne sont pas isolés du sol; il en résulte la propagation dans le sol des courants vagabonds bien connus; le courant n'a plus la même intensité dans les conducteurs d'aller et de retour, il n'y a plus compensation aussi approchée entre les actions des deux courants, de sorte que l'action électromagnétique de l'ensemble s'étend plus loin que ne l'indique le calcul précédent. Cependant cette action devient encore insensible à des distances assez faibles; on peut s'en rendre compte en remarquant qu'un courant de 100 ampères, supposé seul, n'aurait à 100^m qu'une action

$$F = \frac{2I}{R} = \frac{2}{1000},$$

c'est-à-dire de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de la valeur totale du champ magnétique terrestre; dans ce cas particulier l'action serait d'ailleurs sensiblement verticale en des points pas très élevés au-dessus du sol, alors que dans presque tous les appareils c'est la composante horizontale du champ terrestre qui est utilisée.

(1) E. MASCART, *Traité de Magnétisme terrestre*, p. 397; Gauthier-Villars.

L'action perturbatrice des moteurs des tramways devient insensible à des distances du même ordre de grandeur.

Mais *la cause principale des perturbations est le champ magnétique des courants vagabonds eux-mêmes;* ces courants se produisent à travers le sol entre des points des rails qui sont à des potentiels différents; ils peuvent ainsi former, lorsque la ligne est courbe ou lorsqu'il y a plusieurs lignes, des nappes immenses; s'ils rencontrent des conduites métalliques, comme c'est le cas général dans les villes, ils se concentrent sur ces chemins de meilleure conductibilité et peuvent ainsi se propager très loin des lignes. Leur intensité, et par suite celle du champ magnétique perturbateur, varie à chaque instant, avec la position des voitures sur la ligne et aussi, d'une manière plus lente mais dans de grandes proportions, avec le degré d'humidité du sol.

Il est difficile de dire quelque chose de général sur la répartition et la valeur de ce champ perturbateur, les courants vagabonds étant très différents d'intensité et de régime suivant les installations. On ne peut donner que quelques indications [1].

Soit par exemple une région dont le sous-sol est parcouru par une nappe horizontale de courants vagabonds; on voit facilement que le champ magnétique d'une telle nappe est horizontal, perpendiculaire à la direction des courants et indépendant de la distance à la nappe du point considéré. En effet, supposons les courants perpendiculaires au plan de la figure (*fig.* 1) et réduits, pour simplifier, à une nappe xx' d'épaisseur négligeable et de densité ρ par unité de longueur; le champ d'une bande projetée en $BC = dx$ au point A, situé à une distance y de xx', est dirigé suivant la perpendiculaire AF à AB et égal à

$$\frac{2\rho\, dx}{\sqrt{y^2 + x^2}},$$

celui de la bande B'C' symétrique de BC par rap-

(1) En faisant des hypothèses simples sur le régime des courants vagabonds, Rücker et Glazebrook ont pu établir des formules qui permettent de se rendre compte de l'effet perturbateur d'une ligne : RÜCKER, *Phil. Mag.*, 6e série, t. I, 1901, p. 423, analysé longuement dans *Éclairage électrique*, t. XXVII, 1901, p. 416; GLAZEBROOK, *Phil. Mag.*, 6e série, t. I, 1901, p. 432 et *Éclairage électrique*, t. XXVIII, 1901, p. 303.

port à OA est AF′, dont la composition avec AF donne une résultante horizontale égale à

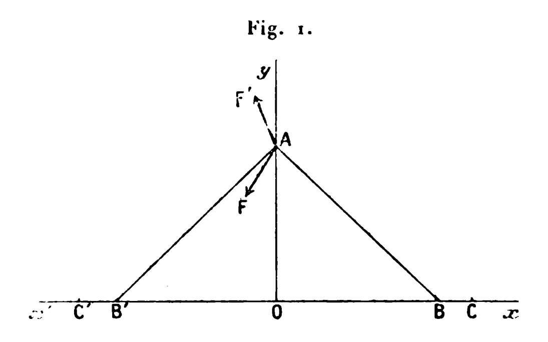
$$2\frac{2\rho\, dx}{\sqrt{y^2+x^2}}\cos \mathrm{BAO} = 4\rho y \frac{dx}{y^2+x^2},$$

l'action totale est donc

$$4\rho y \int_0^\infty \frac{dx}{y^2+x^2} = 2\pi\rho,$$

c'est-à-dire indépendante de y.

Fig. 1.



Cet exemple suffit pour montrer que le champ des courants vagabonds altère surtout la composante horizontale du champ terrestre, c'est-à-dire justement celle qui est utilisée habituellement dans les appareils, et aussi que cette perturbation peut s'étendre à des étages élevés sans diminution sensible.

Mais ce qui se passe dans la réalité est en général très complexe; les courants vagabonds se distribuent dans le sol de manière irrégulière; ils se localisent surtout dans les conduites métalliques, conduites qui se ramifient le plus souvent dans les bâtiments contenant des laboratoires. Leur champ perturbateur peut donc être dans ceux-ci de forme et d'intensité très variées. Ce qui ne reste pas douteux, c'est la généralité des perturbations; dans tous les cas où un laboratoire est à proximité d'une ligne de tramways on constate leur influence.

II. Nature des perturbations. — Les champs magnétiques dont nous venons de parler altèrent le champ magnétique terrestre et faussent par suite les indications de tous les appareils où celui-ci intervient.

Les variations des champs perturbateurs produisent des effets d'induction qui peuvent, rarement d'ailleurs, troubler des mesures.

Un cas particulier est celui où le courant utilisé par les tramways est alternatif; le champ perturbateur varie alors avec la même période que le courant et prend un grand nombre de fois par seconde des valeurs égales et de sens contraires; or dans la plupart des appareils l'inertie des pièces mobiles est suffisante pour que ces variations rapides n'aient sur elles aucune influence, de sorte que l'action des perturbations se trouve éliminée. Ainsi ces lignes à courant alternatif, si préjudiciables au service téléphonique par exemple, sont inoffensives pour la plupart des appareils de laboratoire. Elles peuvent seulement produire des effets d'induction en général négligeables.

Appareils destinés à l'étude du magnétisme terrestre. — Leurs indications deviennent dénuées d'intérêt dès qu'elles ne sont plus exactes, et il a fallu abandonner les observatoires magnétiques dans le voisinage desquels ont été établies des lignes de tramways électriques. On estime que la distance d'un tel observatoire à une ligne de tramways doit être d'au moins 10^{km} à 15^{km} pour que l'action perturbatrice soit négligeable (¹).

Galvanomètres. — Le champ terrestre exerce sur l'aimant des galvanomètres à aimant mobile une action directrice; le champ perturbateur n'a généralement pas la même direction que le champ terrestre, la direction du champ résultant varie, et le miroir du galvanomètre remue, décelant ainsi les perturbations : l'appareil n'a plus de zéro fixe. D'ailleurs la valeur de l'action directrice change aussi, et, même si l'on peut fixer le zéro au moment où l'on va faire une lecture, on ne peut plus utiliser la déviation lue : l'appareil n'a plus de constante.

Magnétomètres. — L'aimant mobile a aussi comme champ directeur le champ terrestre; les indications sont donc troublées exactement comme celles des galvanomètres.

Appareils industriels. — Dans quelques modèles de voltmètres et ampèremètres à aimant mobile on utilise comme champ directeur le champ terrestre, ou encore ce champ renforcé par celui d'un faible aimant; ces appareils présentent l'avantage que le champ déviant n'a pas besoin d'être fort et que par suite il n'est dépensé dans

(¹) *Voir* Mascart, *Traité de Magnétisme terrestre*, p. 398.

les bobines déviantes qu'une faible puissance; mais ils sont soumis à toutes les influences qui troublent le champ terrestre, et l'on ne peut par exemple les employer auprès des machines électriques industrielles. Les courants vagabonds peuvent aussi fausser leurs indications, quand ils sont installés dans des laboratoires éloignés des dynamos. A vrai dire, étant donnée la faible précision demandée habituellement à ces appareils, ces perturbations ont beaucoup moins d'importance que celles atteignant les galvanomètres ou les magnétomètres.

III. Moyens de défense. — *Emplacement des laboratoires.* — Un moyen de défense évident est d'éloigner les laboratoires des lignes de tramways; c'est le seul possible pour les observatoires magnétiques; il serait bien à désirer qu'on l'emploie le plus possible pour les laboratoires de Physique. Lorsqu'un laboratoire est situé en pleine ville, à proximité des tramways, il est exposé non seulement à des perturbations de nature électromagnétique, mais à toutes celles qui proviennent des trépidations causées par le passage de grosses voitures; dans ces conditions, beaucoup de recherches deviennent impossibles. Lorsqu'on construit un Institut de Physique, on devrait faire entrer en ligne de compte cet ordre d'idées dans le choix de l'emplacement; un Institut de Physique devrait être construit sur un terrain très stable, en dehors de la ville ou tout au moins dans un quartier tranquille. Malheureusement, on se laisse plus souvent guider par le désir d'embellir le centre de la ville par un monument [1]. Tout au moins pourrait-on, dans le choix des emplacements, tenir compte de certaines considérations simples : les courants vagabonds quittent les rails aux différents points du parcours et reviennent, finalement, à l'usine; ils rejoignent donc les parties des lignes les plus voisines de l'usine; si, par exemple, une ligne a la forme d'un arc, la zone comprise dans la concavité de l'arc est plus exposée aux courants vagabonds que la zone située de l'autre côté de la ligne; d'une manière générale, la région la moins troublée par une ligne est la région opposée à celle où se trouve l'usine.

Essais de protection des laboratoires. — Si le champ perturbateur était constant, il serait facile d'en tenir compte ou de le compenser. Mais il varie au contraire constamment; dès lors on doit emprunter l'action compensatrice à la même cause. C'est ce qu'a essayé Fröhlich [1]. Il produit un champ compensateur par des fils conducteurs dont les extrémités aboutissent à deux plaques métalliques fixées en terre près du bâtiment à protéger; ces plaques collectent une partie des courants vagabonds; ou bien encore il relie les fils compensateurs d'une part à certains points de la ligne pris dans la partie la plus rapprochée du bâtiment et d'autre part à un point de la ligne situé assez loin dans la direction de l'usine. Dans des essais où les fils compensateurs entouraient tout un bâtiment, les perturbations furent réduites à 20 ou 25 pour 100 ou même 5 pour 100 de leur valeur primitive. Mais il semble difficile d'obtenir ainsi une protection suffisante et surtout bien constante, et ces procédés n'ont guère été employés, à ma connaissance.

Quant à la protection de tout un laboratoire contre les champs magnétiques extérieurs, la théorie des écrans magnétiques, dont je dirai un mot plus loin, montre qu'elle serait possible; mais elle est pratiquement à peu près irréalisable : pour obtenir une protection convenable dans un espace de 2^{m^3} ou 3^{m^3} seulement, il faudrait au moins deux cuirasses séparées, qui pèseraient au moins une trentaine de tonnes.

Il n'existe donc aucun moyen pratique de protéger les laboratoires eux-mêmes.

---

(1) Par exemple, la Faculté des Sciences de Rennes a été bâtie sur un terrain rapporté, au bord de la Vilaine, en bordure d'une place où aboutit l'avenue de la Gare, la plus fréquentée par les grosses voitures. De plus elle est littéralement entourée par des lignes de tramways qui en sont peu éloignées, et les courants vagabonds s'en donnent à cœur joie dans tous les sens. J'ai dû y faire la nuit la plupart des mesures nécessitées par des recherches sur le magnétisme. Quant à la Faculté des Sciences de Caen, elle est au premier abord plus mal partagée encore : en établissant (récemment) les lignes de tramways électriques, on a fait passer l'une d'elles en bordure des bâtiments de la Faculté; les tramways passent à 30^m ou 40^m du laboratoire de Physique; cependant, grâce soit à ce fait que la Faculté se trouve du côté de la convexité de la ligne, soit à une bonne conductibilité des rails, les perturbations y sont moins fortes qu'à Rennes; bien des recherches y sont cependant rendues impossibles par cette situation.

(1) Fröhlich, *Elektrotechn. Zeitschrift,* t. XVI, 1895, p. 745; t. XVII, 1896, p. 40. — *Éclairage électrique,* t. VII, 1896, p. 128.



Protection des galvanomètres. — On peut évidemment se mettre à l'abri des perturbations en employant des appareils à cadre mobile ou à fort champ directeur. Le champ magnétique des galvanomètres du genre Deprez-d'Arsonval est assez intense pour que les perturbations dont nous avons parlé aient une influence tout à fait négligeable; il est même assez intense pour que l'influence des champs magnétiques perturbateurs d'autre origine (dynamos, moteurs, électro-aimants) puisse être éliminée facilement dans la plupart des cas. Ces avantages, joints à ceux d'un maniement facile, sont la cause de l'emploi de plus en plus répandu de ces appareils. On est arrivé à leur donner une sensibilité très grande, mais qui ne peut cependant atteindre celle des bons galvanomètres à aimants mobiles. Ainsi, dans tous les cas où l'on n'a pas besoin pour des mesures galvanométriques d'une haute précision, le meilleur moyen de se mettre à l'abri des perturbations est d'employer des galvanomètres à cadre mobile. De même on élimine toute difficulté pour les appareils industriels en choisissant soit des appareils à cadre mobile, soit des appareils à aimant mobile mais à fort champ directeur.

Mais on peut encore protéger d'une manière très efficace les galvanomètres à aimants mobiles contre les perturbations. M. Du Bois a donné une théorie des écrans magnétiques qui permet de calculer d'une manière approximative les dimensions à donner à des cuirasses magnétiques sphériques ou cylindriques pour en obtenir la protection de l'espace intérieur contre les champs magnétiques extérieurs [1]. La protection obtenue avec plusieurs cuirasses séparées par un certain intervalle est plus efficace que celle obtenue avec une seule cuirasse ayant la même épaisseur totale. Je renverrai aux articles cités pour le détail des résultats, parmi lesquels je citerai seulement les suivants : supposons deux cuirasses magnétiques concentriques, sphériques ou cylindriques, placées dans un champ magnétique uniforme H qui, dans le cas des cylindres, sera normal à l'axe; appelons H_i le champ magnétique uniforme qui existe dans la cavité centrale des cuirasses, r_1 et R_1 les rayons intérieur et extérieur de la cuirasse interne et r_2 et R_2 ceux de la cuirasse externe, μ la perméabilité du fer employé (pour laquelle il faut prendre une valeur moyenne correspondant aux champs en jeu); on a sensiblement, pour les cuirasses sphériques,

$$\frac{H}{H_i} = 1 + \frac{2}{9}(\mu - 2)\left[1 - \frac{r_1^3 r_2^3}{R_1^3 R_2^3} + \frac{2}{9}\left(\mu + \frac{5}{2}\right) \times \left(1 - \frac{R_1^3}{r_2^3}\right)\left(1 - \frac{r_1^3}{R_1^3}\right)\left(1 - \frac{r_2^3}{R_2^3}\right)\right]$$

et, pour les cuirasses cylindriques,

$$\frac{H}{H_i} = 1 + \frac{1}{4}(\mu - 2)\left[1 - \frac{r_1^2 r_2^2}{R_1^2 R_2^2} + \frac{1}{4}(\mu + 2) \times \left(1 - \frac{R_1^2}{r_2^2}\right)\left(1 - \frac{r_1^2}{R_1^2}\right)\left(1 - \frac{r_2^2}{R_2^2}\right)\right].$$

On passerait facilement de ces formules à celles qui conviennent au cas d'une seule cuirasse, en faisant, par exemple, $r_2 = R_1$, ce qui revient à supposer que l'intervalle d'air intermédiaire disparaît. On remarquera que, les rapports seulement intervenant, la protection réalisée par deux systèmes semblables est la même; si l'on pense que les systèmes protecteurs efficaces employés pour de petits appareils tels que des galvanomètres pèsent déjà plusieurs kilogrammes (nous allons en voir des exemples) et que la masse augmente proportionnellement au cube des dimensions, on se rendra compte de la difficulté pratique qu'il y a à protéger un espace un peu grand.

En utilisant ces formules et celles qui s'appliquent aux autres cas, on peut calculer approximativement les dimensions à donner à des cuirasses magnétiques pour protéger les galvanomètres; on sait que Du Bois et Rubens on fait établir des modèles de galvanomètres très sensibles (à aimants mobiles) avec cuirasses cylindriques et sphériques [1]; par exemple, le système protecteur comprend, pour l'un des modèles, deux enveloppes sphériques ayant respectivement pour épaisseur $2^{mm},8$ et $6^{mm},4$, et une enveloppe cylindrique qui sert de boîte, d'épaisseur $7^{mm},6$; mesurons la protection comme précédemment par le rapport $\frac{H}{H_i}$ d'un champ magnétique uniforme au champ subsistant dans l'espace protégé;

---

[1] H. DU BOIS, *Wied. Ann.*, t. LXIII, 1897, p. 348; t. LXV, 1898, p. 1 et *Drude's Ann.*, t. II, 1900, p. 78. — *The Electrician*, t. XL, p. 218, 316, 511, 652, 814 et t. XLI, p. 108, 1898. — Analysé longuement dans *Éclairage électrique*, t. XVI, 1898, p. 221 et 280.

[1] DU BOIS et RUBENS, *Ann. der Physik*, t. II, 1900, p. 84.

cette protection est 13,3 pour la première enveloppe sphérique agissant seule, 16,6 pour la seconde, 10,9 pour l'enveloppe cylindrique; pour les deux enveloppes sphériques agissant simultanément, 120; enfin, pour les trois, 900; le poids des deux premières enveloppes réunies est $2^{kg},3$ et celui de l'enveloppe sphérique environ 8^{kg}.

En résumé, on peut toujours protéger les petits appareils au moyen de deux ou trois cuirasses; bien entendu, le champ terrestre se trouve ainsi presque annulé dans l'espace protégé et l'on doit produire artificiellement les champs directeurs.

Magnétomètres. — Lorsqu'il s'agit de magnétomètres destinés à mesurer l'aimantation de tiges ou de noyaux magnétiques quelconques, il est au contraire très difficile de se mettre à l'abri des perturbations. En effet, pour que le magnétomètre puisse mesurer l'aimantation du noyau magnétique, il faut que celui-ci puisse agir sur lui et par suite qu'il soit à l'intérieur des cuirasses ainsi que tout le système magnétisant, c'est-à-dire la bobine magnétisante (ordinairement très longue) et le système compensateur (c'est-à-dire une ou plusieurs bobines compensant l'action de la bobine magnétisante sur le magnétomètre). Il faudrait de plus se réserver la possibilité de modifier les positions de tous ces appareils à l'intérieur des cuirasses. Tout cela nécessiterait des cuirasses protectrices de dimensions telles que leur poids dépasserait les limites acceptables.

Il est cependant possible de réduire beaucoup l'influence des perturbations en employant des magnétomètres à équipage magnétique double; en effet, d'après ce que nous avons vu, le champ perturbateur des courants vagabonds varie peu suivant une verticale; sauf dans des cas très défavorables, il peut être considéré comme constant en tous les points d'une verticale de 10^{cm} à 15^{cm} de hauteur, et, en tous cas, on pourra choisir dans un laboratoire une région où cette condition se trouve sensiblement réalisée, comme pour le champ terrestre lui-même; dès lors, si l'on constitue l'équipage d'un magnétomètre par deux aimants ou systèmes d'aimants aussi identiques que possible et fixés à une distance de 10^{cm} à 15^{cm} sur une tige rigide et en sens inverses, cet équipage sera astatique par rapport au champ terrestre et aussi par rapport au champ perturbateur; on produira un champ directeur au moyen d'aimants permanents agissant seulement sur un des aimants de l'équipage, ou du moins beaucoup plus sur l'un que sur l'autre; cette action directrice, même faible, l'emportera de beaucoup sur l'action directrice presque nulle que le champ terrestre troublé continuera à exercer sur le système, et l'appareil aura un zéro fixe et un couple directeur constant. Bien entendu, le noyau magnétique à étudier devra être placé de manière qu'il agisse beaucoup plus sur l'un des aimants que sur l'autre; il est facile de réaliser cette condition en employant la méthode unipolaire et en plaçant le pôle agissant le plus près possible de l'un des aimants du magnétomètre. Du Bois a étudié ce dispositif et indiqué les conditions les plus favorables ([1]); je l'ai moi-même employé avec succès en utilisant la méthode unipolaire. Cependant on ne peut pas obtenir une sensibilité aussi grande qu'avec les magnétomètres ordinaires, ce qui constitue une gêne et même une impossibilité pour certaines recherches, et de plus la réalisation de mesures en valeur absolue est rendue très délicate.

Les équipages magnétiques dont il vient d'être question sont en somme semblables à ceux des galvanomètres à système astatique; mais dans ceux-ci on emploie un système astatique pour augmenter la sensibilité en diminuant l'action directrice du champ terrestre; l'action des perturbations se trouve aussi diminuée, mais dans la même proportion, de sorte que leur influence reste la même. Si l'on voulait la réduire, il faudrait faire agir un champ directeur artificiel sur l'un des aimants, et alors on diminuerait du même coup la sensibilité de l'appareil.

IV. Conclusions. — En résumé, pour les mesures courantes, qui ne nécessitent pas une haute sensibilité, il est possible de se mettre à l'abri des perturbations dues aux tramways électriques, mais certaines recherches sont rendues à peu près impossibles par ces perturbations. C'est donc toujours un inconvénient grave pour un laboratoire que l'installation d'une ligne de tramways à proximité; même pour les mesures courantes, cela nécessite de nouvelles installations et de nouveaux appareils. Il importe donc que les directeurs de laboratoires interviennent lors de l'établissement de lignes électriques; quelquefois une modification facile dans le tracé des lignes diminuera

([1]) Du Bois, *Ann. der Physik*, t. IX, 1902, p. 938.



beaucoup les inconvénients futurs; si toute modification au projet est impossible, la compagnie exploitante pourra être tenue à des précautions spéciales, par exemple à l'établissement de conducteurs auxiliaires de très faible résistance suivant les rails. Une ligne de tramways électriques rend trop de services pour qu'il soit légitime, à cause d'un laboratoire, d'en empêcher l'installation ou d'en entraver l'exploitation par des conditions draconiennes; mais ce qui reste très légitime, c'est que les compagnies exploitantes aident pécuniairement les laboratoires à parer aux perturbations causées par leurs lignes. Il semble bien d'ailleurs que la jurisprudence admette ce droit; une décision du Conseil de Préfecture des Alpes-Maritimes a condamné la Compagnie des tramways de Nice et du Littoral à verser une indemnité d'environ 100000^{fr} à l'Université de Paris, propriétaire de l'observatoire du Mont-Gros, dont les appareils magnétiques étaient troublés, depuis le 1er juin 1900, par l'installation d'une ligne électrique, ce qui nécessitait le transfert des services magnétiques de l'observatoire dans une région indemne [1].

Le genre des conventions qui peuvent s'établir à ce sujet entre les compagnies et les laboratoires me semble bien indiqué par l'exemple suivant, que j'emprunte à une Communication de M. Björkegren, ingénieur en chef des Tramways de Berlin, à la treizième Assemblée générale de l'Union Internationale des Tramways (Vienne, 1904) : lorsque furent établis les tramways électriques de Berlin et de Charlottenbourg, on imposa aux Compagnies de très lourdes conditions pour protéger les laboratoires de l'Institut physicotechnique de l'Empire et de l'Université. Il était, par exemple, défendu d'établir des lignes de tramways à prise de courant aérienne et retour par les rails à moins de 1^{km} de l'Institut physicotechnique, ce qui força les Compagnies à établir sur de longs parcours un service par accumulateurs. Dans la suite, lorsqu'on eut reconnu la possibilité de parer à une partie des inconvénients par l'emploi d'appareils à cadre mobile ou d'appareils à cuirasses, les Compagnies obtinrent la levée de ces restrictions, en prenant cependant les engagements suivants :

Vis-à-vis des Instituts de Physiologie, d'Hygiène et de Physique de l'Université :

1° Aucun arrêt, ni aiguillage en boucle, ne sera établi à moins de 60^{m} des Instituts;

2° Les feeders souterrains seront autant que possible établis du côté de la rue opposé à celui occupé par les Instituts; dans tous les cas les câbles + et — seront établis à la même profondeur et à une distance de moins de 10^{cm};

3° Les Compagnies paieront à ces Instituts une somme de 30000 marks à titre d'indemnité (cette somme devait être employée surtout à l'achat d'appareils nouveaux).

Vis-à-vis de l'Institut physicotechnique de l'Empire :

1° La direction des tramways de Berlin-Charlottenbourg fournira à ses frais à l'Institut 11 galvanomètres Deprez-d'Arsonval et 10 galvanomètres cuirassés Du Bois-Rubens;

2° La traction par fil aérien unique n'est pas tolérée sur toute l'étendue de la Marchstrasse. La Compagnie pourra y établir soit la traction par accumulateurs, soit un système de traction à fil d'adduction isolé; ce système de traction sera préalablement soumis à l'approbation de l'Institut;

3° Les extrémités de la section de ligne désignée au 2° seront réunies aux rails des sections voisines par un joint parfaitement isolé;

4° Les deux sections voisines seront alimentées par des usines de force distinctes. Le cas échéant, le conducteur double isolé établi le long de la Marchstrasse ne sera en conséquence relié qu'à une des extrémités seulement;

5° Dans le cas où une ligne de tramways serait établie dans la Cauerstrasse, elle sera alimentée par l'usine de force de Charlottenbourg; la réunion avec une autre ligne (située de l'autre côté de l'eau) devra être obtenue par un joint de rail isolé, cette ligne étant elle-même alimentée par une usine distincte;

6° Il ne sera pas établi d'usine de force à moins de 1^{km} de l'Institut;

7° Afin de réduire autant que possible les perturbations d'ordre mécanique, la prescription déjà imposée de réduire la vitesse au passage devant l'Institut est maintenue.

Ch. Maurain,
Professeur
à la Faculté des Sciences de Caen.

[1] *Jurisprudence des Conseils de Préfecture*, 1904, p. 157.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Les groupes électrogènes à l'Exposition de Liége
(d'après renseignements fournis par les exposants).

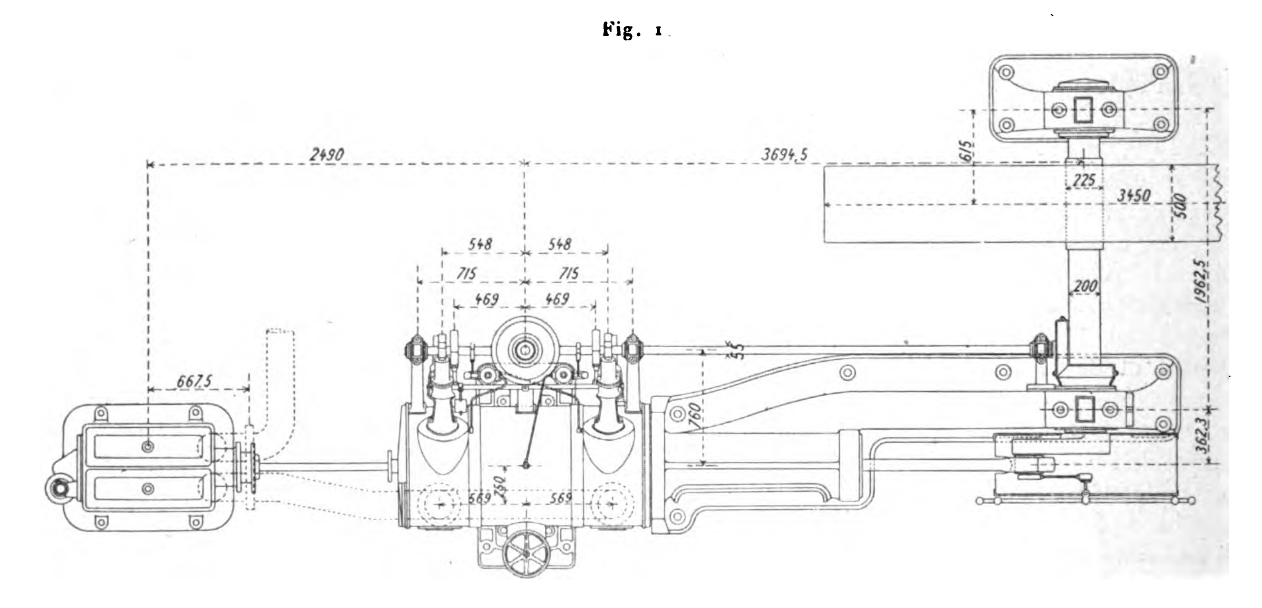
Bien que la puissance des groupes électrogènes aille toujours en croissant, l'Exposition de Liége ne présentait aucun groupe de puissance comparable à celle de plusieurs des groupes qui étaient exposés à Paris en 1900 et à Saint-Louis l'an dernier. Une des raisons de cette absence est certainement le coût très élevé du transport et du montage des unités de quelques milliers de chevaux; une autre est que le service de la force motrice et de l'éclairage de l'Exposition de Liége n'avait nul besoin d'unités aussi puissantes.

D'autre part, le matériel électrique des groupes exposés à Liége n'offrait ni la diversité, ni la nouveauté que l'on rencontrait dans les groupes exposés en 1900. Les exposants étaient naturellement moins nombreux à Liége qu'à Paris; de plus, il semble bien qu'après l'effort considérable fait pour présenter des types nouveaux en 1900, les constructeurs de machines électriques se sont attachés, dans ces cinq dernières années, plutôt à perfectionner les types établis qu'à apporter des innovations capitales.

Pour ces motifs, il ne nous a pas paru nécessaire de demander aux exposants des renseignements détaillés sur le matériel électrique; nous nous bornerons dans les notes suivantes à donner une idée générale des groupes électrogènes exposés, insistant à l'occasion, mais non d'une manière systématique, sur quelques détails.

I. Groupe électrogène horizontal de la maison Beer (Jemeppe-lez-Liége). — La machine à vapeur de ce groupe rappelle, dans son ensemble et au point

Fig. 1.



de vue de la disposition des organes de distribution, la machine que la maison Beer avait fait construire pour l'Exposition de Bruxelles en 1897 et qui obtint le premier prix. Les figures 1 et 2 en donnent, la première, une vue en plan; la seconde, une vue en élévation prise par derrière.

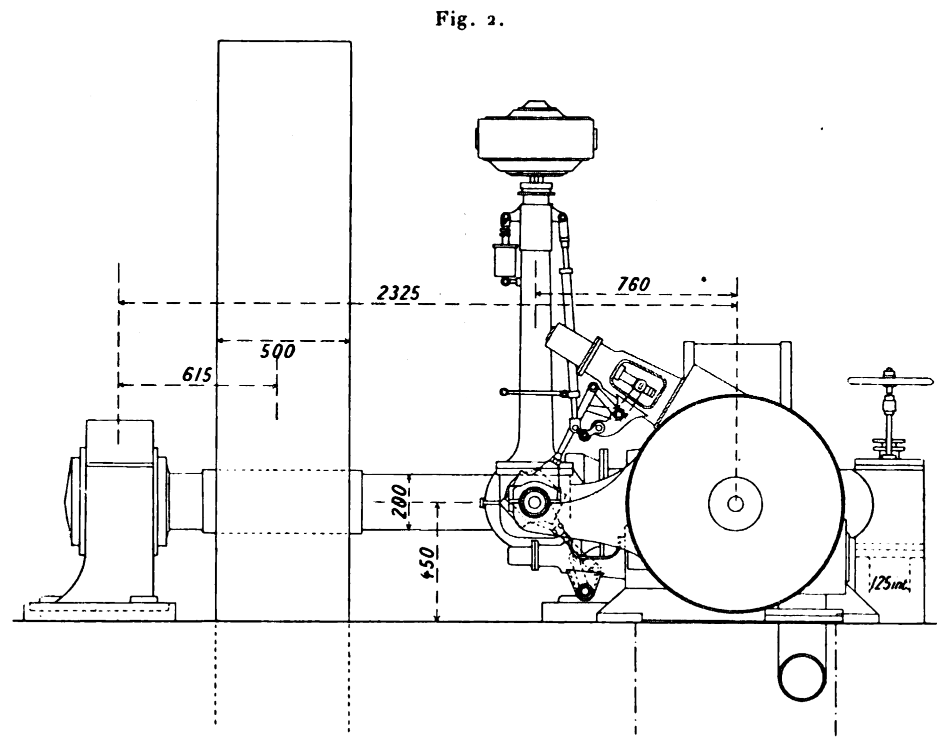
(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. Marks and Clerk, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

La course du piston est de 750^{mm}, son diamètre de 375^{mm}. La vitesse angulaire de la machine est de 110 tours : minute.

La distribution de la vapeur, admise sous la pression de 10 atmosphères, s'effectue au moyen de 4 distributeurs cylindriques disposés deux à deux

Fig. 2.



dans le fond du cylindre; ces distributeurs, quoique très légers, sont néanmoins guidés par des contretiges afin de réduire l'usure au minimum. La présence des distributeurs dans les fonds a obligé, à cause du peu de place dont on disposait pour loger le mécanisme, à placer obliquement l'axe des tiroirs d'admission, comme on le voit sur la figure 2. La commande générale du mécanisme de distribution se fait au moyen d'un arbre longitudinal, parallèle au cylindre, et les pistons sont attaqués par des excentriques. La commande des distributeurs d'admission s'effectue par l'intermédiaire de déclics dont la durée d'action est réglée par le régulateur; ces distributeurs sont pourvus de cataractes à air.

Le condenseur, du type à simple effet, est placé horizontalement sur le sol, et le piston de la pompe à air est calé sur le prolongement de la tige du piston à vapeur.

Les espaces nuisibles sont très faibles et les résistances passives réduites au minimum; la machine est d'ailleurs finie dans ses moindres détails.

Cette machine attaque par courroie une dynamo à courant continu du type de 70 chevaux Etat belge.

II. Groupe électrogène vertical de la maison Beer. — Ce groupe comprend une machine compound et une dynamo à accouplement direct donnant 160 kilowatts à 440 volts.

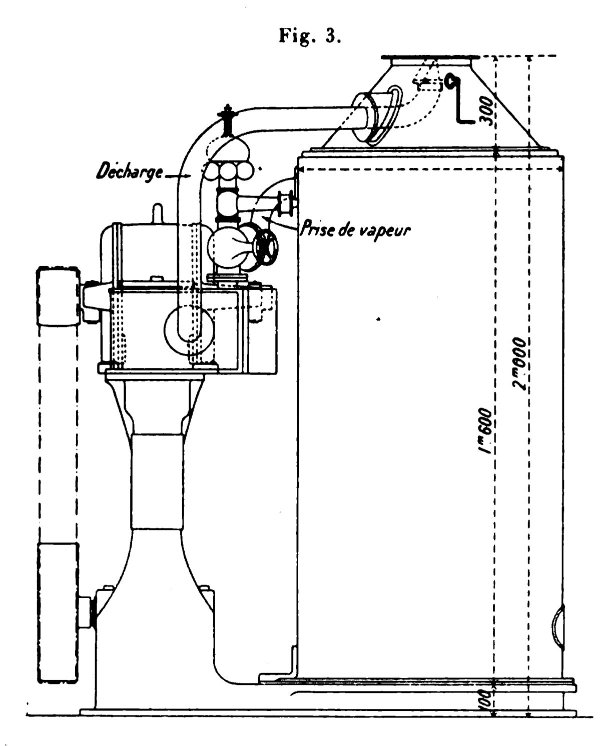
La course commune des pistons de la machine est de 500^{mm}; le diamètre du cylindre haute pression de 450^{mm}, celui du cylindre basse pression de 775^{mm}; le nombre de tours par minute de 150.

La pression de la vapeur à l'entrée du petit cylindre est de 8 atmosphères. Le cylindre haute pression est pourvu d'une détente variable par le régulateur; la distribution de vapeur s'y fait par tiroirs cylindriques concentriques, le tiroir intérieur étant soumis à l'action du régulateur. Le cylindre basse pression est pourvu d'une distribution par tiroirs plans du système Meyer. Les deux cylindres sont munis d'une enveloppe de vapeur. La machine actionne par l'intermédiaire d'un balancier le piston de la pompe à air d'un condenseur par injection placé verticalement sur le sol.

III. Groupe électrogène portatif de la maison Beer. — Ce groupe, monté sur un wagon spécial des chemins de fer de l'Etat belge, est destiné à fournir l'éclairage en cas de travaux urgents en pleine voie, par exemple à la suite d'un déraillement. Les figures 3 et 4 montrent l'ensemble, en élévation et en plan, de ce groupe, ainsi que du gé-

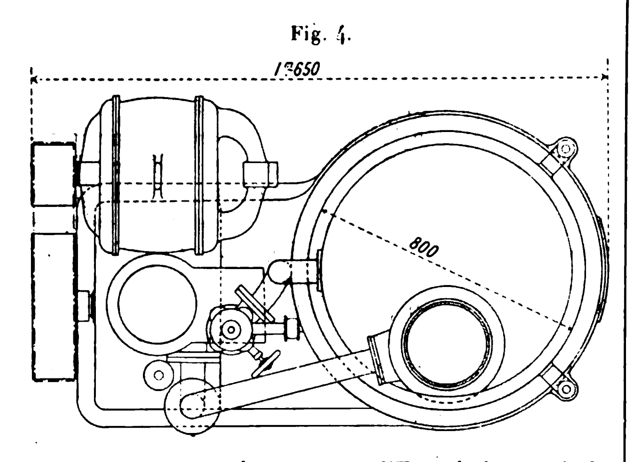
nérateur de vapeur qui l'alimente. Comme on le voit, l'arbre de la machine est à la partie inférieure

Fig. 3.



et porte un volant commandant par courroie la dynamo placée à la hauteur du cylindre de la machine, sur un plateau venu de fonte avec la tête du bâti.

Fig. 4.

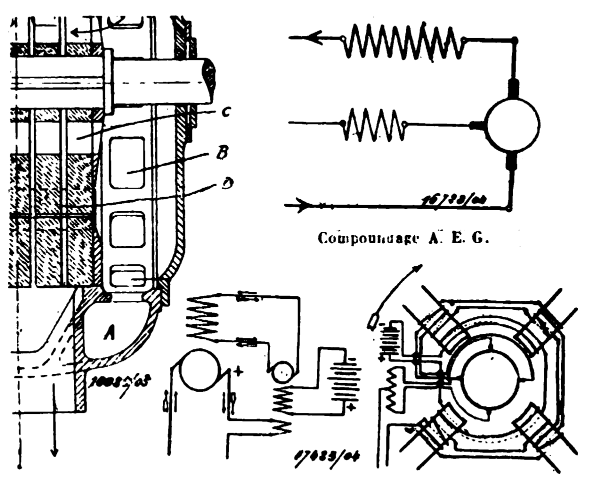


Le programme imposé par l'Etat belge était le suivant : La dynamo doit débiter 55 ampères sous la tension de 70 volts; la chaudière, la machine à vapeur et la dynamo doivent être montées sur un socle commun en fonte et le poids total ne doit pas dépasser 2000^{kg}; les dimensions d'encombrement en plan ne doivent pas dépasser $2^m \times 0^m,90$; la hauteur doit être de $1^m,60$ au maximum.

La solution fournie par la maison Beer pour répondre à ce programme a donné toute satisfaction; l'ensemble du groupe est très compact et a pu être logé avec facilité dans l'espace imposé.

T. PAUSERT.

Dispositif de ventilation des machines génératrices et motrices. SIEMENS BROTHERS, Londres (Brevet anglais 10085, 1905). — L'air, entrant par des ouvertures ménagées dans le socle, circule dans le canal à l'intérieur des flasques tout autour du stator, puis débouche par les ouvertures B dans les canaux C du rotor et est expulsé par la force centrifuge à travers une série de petits canaux D ménagés dans les enroulements du rotor et du stator.



Ventilation S. et H. Compoundage A. E. G. Autorégulation Rosenberg.

Compoundage des dynamos pour distribution à trois fils. ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GES. (Brevet anglais 16728, 1904). — L'enroulement en dérivation des dynamos compounds ordinaires est remplacé par un enroulement en série sur le fil neutre.

Réglage automatique de la tension aux bornes d'une dynamo. ROSENBERG (Brevet anglais, 17423, 1904). — Dans un premier dispositif (figure de gauche) le courant d'excitation de la dynamo principale est fourni par une dynamo auxiliaire portant deux enroulements d'excitation, l'un alimenté par une batterie, l'autre en série sur le circuit de la dynamo principale; les armatures des deux dynamos sont couplées mécaniquement. Dans le second dispositif (figure de droite) les enroulements des deux dynamos forment une seule armature. MARKS AND CLERK.

Dynamo à réaction d'induit compensée. F.-A. MOTT (Brevet américain 794988, déposé le 27 nov. 1903, délivré le 18 juillet 1905). — Le circuit magnétique d'excitation est divisé en plusieurs portions disposées en parallèle qui peuvent être excitées indépendamment. On peut ainsi faire varier le flux magnétique à travers les faces polaires, de manière que les balais se trouvent, à toute charge, dans la zone neutre.

Les accumulateurs à l'Exposition de Liége (d'après renseignements fournis par les exposants).

ACCUMULATEURS DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DES MANUFACTURES DE CABLES, ACCUMULATEURS ET APPAREILS ÉLECTRIQUES, DE SENEFFE (Belgique). — Cette société ex-

ploite les accumulateurs du système Hart fabriqués en Angleterre. La description de ces éléments ayant déjà été faite en détail d'autre part [1], nous nous contenterons de la rappeler en quelques lignes. La plaque est du type mixte; son quadrillage coulé en plomb doux est rempli de matière active. Ce quadrillage possède une âme et, dans le sens vertical, des nervures à section triangulaire, espacées de 30^mm environ. Dans le sens horizontal sont disposées un grand nombre de fines nervures à section triangulaire et écartées de 2^mm,8 environ d'axe en axe. Après la coulée, la plaque passe sous un laminoir qui rabat légèrement les nervures horizontales et produit ainsi des augets inclinés que l'on garnit de matière active.

Le montage des petits et moyens éléments à poste fixe se fait dans des bacs en verre. Les plaques, séparées par trois rangées de tubes de verre, sont supportées par des dalles de verre à l'aide des crochets qu'elles portent à la partie supérieure et sur le côté. Ces dalles de verre s'engagent dans les rainures d'un châssis en bois de teck. Le bloc ainsi constitué est placé dans le bac en verre supporté par un plateau en pin bien sec, renfermant de la sciure de bois. Les isolateurs sont disposés sous ce plateau.

Les plaques de même polarité sont reliées par soudure à une barrette en plomb qui porte la queue de prise de courant munie d'une oreille. Pour relier deux éléments, on applique l'une contre l'autre et très exactement les deux oreilles. Un boulon conique en matière inattaquable est introduit dans ces oreilles et l'on serre fortement à l'aide d'un écrou.

Pour les gros éléments de station centrale, on emploie des plaques jumelles supportées par des dalles et montées dans des bacs en bois plombé.

La Société de Seneffe exposait douze éléments dont nous donnons ci-dessous les quelques caractéristiques que nous avons pu obtenir. Le Tableau suivant se rapporte à trois accumulateurs notamment employés pour l'éclairage :

Type de l'élément	L_{11}	L_9	T
Nature du bac	verre	bois plombé	verre
Dimensions en surface des positives, en mm	229 × 241	229 × 241	184 × 132
Dimensions en surface des négatives, en mm	229 × 241	229 × 241	190 × 129
Epaisseur des positives, en mm	7,93	7,93	6,35
Epaisseur des négatives, en mm	6,75	6,75	4,76
Poids de l'élément complet, avec acide, en kg	67,5	42,5	20,4
Capacité en amp-heures, au régime de 10 heures	250	200	72

Un élément type S_7, avec récipient de verre, employé pour télégraphes, téléphones, laboratoires, a une capacité de 27 ampères-heures au régime de 2,25 ampères. Les plaques ont comme dimensions en surface 97^mm × 102^mm et leur épaisseur est 3^mm,96 pour les positives et 3^mm,17 pour les négatives. Le poids total de l'élément est 4^kg,8.

Le Tableau suivant se rapporte à trois éléments pour automobiles, montés avec bacs en ébonite :

Type de l'élément	CT_7	MC_7	LMC_{11}
Dimensions des plaques en surface, en mm	176 × 189	100 × 189	257 × 98
Epaisseur des positives, en millimètres	6,34	4,76	4,76
Epaisseur des négatives, en millimètres	4,76	4,76	4,76
Poids total de l'élément, acide compris, en kg	9,5	4,9	9,9
Capacité en amp-heures, au régime de 10 heures	120	60	75

Le premier élément, qui fournit la capacité spécifique la plus élevée, donne, d'après ces chiffres, 12,6 ampères-heures par kg : élément, au régime de 10 heures. Cet élément est du type Clark.

Comme gros éléments de station centrale, les deux éléments exposés ont les constantes résumées dans le Tableau ci-dessous. Ces éléments sont montés avec bacs en bois doublé de plomb :

Type de l'élément	CL_{23}	CS_{11}
Dimensions des positives en surface, en mm	292 × 235	318 × 330
Dimensions des négatives en surface, en mm	305 × 241	318 × 330
Epaisseur des positives, en mm	9,52	11,11
» » négatives, »	7,93	9,52
Poids total de l'élément, acide compris, en kg	223	239
Capacité en amp-heures, au régime de 10 heures	880	800

Un élément double du type S_7, employé pour l'allumage et monté dans un bac en celluloïd à deux compartiments, donne une capacité de 27 ampères-heures au régime de 2,25 ampères, pour un poids total de 5^kg,4. Les plaques ont comme dimensions en surface 97^mm × 102^mm et comme épaisseur 3^mm,96 pour les positives et 3^mm,17 pour les négatives.

Une boîte en bois de teck renfermant trois éléments du type S_{11}, employée pour laboratoire de chirurgie, pèse 20^kg,4 et donne 45 ampères-heures au régime de 3,75 ampères. Chaque élément renferme 11 plaques de dimensions 97^mm × 102^mm en surface et d'épaisseur 3^mm,96 pour les positives, et 3^mm,17 pour les négatives.

Enfin, un accumulateur à 13 plaques, employé pour l'éclairage des trains, a une capacité de 120 ampères-heures au régime de 12 ampères pour un poids total de 29^kg. Les dimensions des plaques po-

[1] L. JUMAU, *Les accumulateurs électriques*, p. 696.

sitives sont 184^{mm} × 132^{mm} × 6^{mm},34, et celles des plaques négatives 189^{mm} × 142^{mm} × 4^{mm},76.

Ce type d'élément est utilisé dans une grande partie des voitures de chemins de fer faisant emploi du système d'éclairage Stone, très en faveur en Angleterre, où 8950 voitures sont ainsi équipées.

T. Pausert.

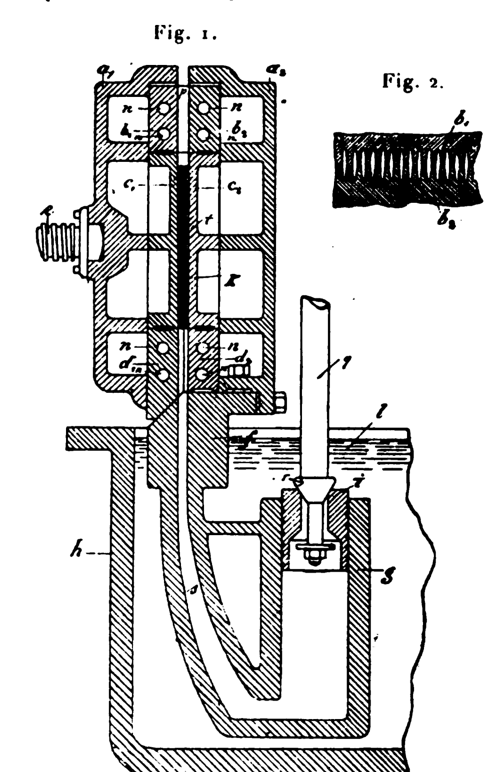
Accumulateur électrique, Thomas-Alva Edison (Brevet français 348746 du 10 décembre 1904; 5 figures). — Même description que celle faite antérieurement ici (t. III, p. 267, 15 mai 1905) à propos du brevet anglais 26948 du 10 décembre 1904.

Sur la perforation des cuvettes métalliques de l'accumulateur fer-nickel, par U. Schoop (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 215, 15 septembre 1905). — On sait que, les matières actives de l'élément fer-nickel ne se liant pas, on est obligé de les emprisonner dans des cuvettes conductrices perforées. Cette disposition a comme inconvénient d'entraver la diffusion. D'autre part, les matières actives, par suite de variation d'état moléculaire après un grand nombre de charges et de décharges, perdent leur cohésion et tombent en poudre impalpable. Ce phénomène survient principalement, d'après les expériences faites jusqu'ici, à l'électrode-nickel qui donne des boues d'une telle finesse qu'elles traversent les filtres et ne peuvent par conséquent pas être retenues par les tôles finement perforées. L'addition de graphite en grosses écailles en vue de diminuer la section est illusoire parce que ces écailles sont écrasées pendant la compression. C'est pour cette raison qu'on observe, dans les électrodes Edison, une chute relativement forte de matière. — On peut se demander s'il n'est pas possible d'éviter cet inconvénient en produisant des électrodes-fer ou nickel à grande surface et en les entourant de poches perforées. Michalowski (Brevet allemand, 112351, du 19 avril 1899) obtient, comme on sait, une telle plaque-nickel en déposant sur un réseau de nickel un alliage nickel-zinc dont on dissout ensuite le zinc pour laisser le nickel poreux sur lequel la substance active est déposée mécaniquement ou électrolytiquement. Jungner a également résolu le problème en formant des tôles de nickel dans une solution alcaline renfermant un chlorure. Malheureusement, si l'on a une grande capacité initiale avec ces plaques, on n'a pas encore pu éviter une baisse rapide de celle-ci. Cette baisse est due à l'inévitable variation de volume de la matière active qui perd bientôt tout contact avec le support et tombe. Dans cette voie les chances de réussite sont malheureusement faibles pour les accumulateurs alcalins, exception faite pour l'électrode-argent. L'oxyde d'argent possède en effet la propriété de présenter la consistance d'un feutre tenace, ce qui rend possible la préparation de plaques en garnissant un réseau métallique de chlorure d'argent fondu et en traitant ensuite sans crainte de chute ni de cassure. — Comme matière des cuvettes on peut employer le nickel ou la tôle d'acier ou de fer nickelée. Pour reconnaître si une pièce est bien nickelée, il suffit de la plonger dans une solution de sulfate de cuivre, le cuivre se déposera immédiatement sur les parties non nickelées. — Étant donnée la difficulté d'avoir un dépôt de nickel parfait, il vaut mieux faire usage de tôle de nickel pur pour les électrodes positives, la tôle d'acier nickelée pouvant être conservée pour les électrodes-fer. — Pour la détermination de l'épaisseur de ces tôles, il faut tenir compte du poids, de la résistance mécanique et de la conductibilité. Une tôle trop mince verra ses perforations se reboucher pendant la compression. Pour des briquettes de 13 × 75 × 2^{mm}, Edison emploie des tôles de 0^{mm},07 d'épaisseur. Jungner prend des tôles d'acier nickelé de 0^{mm},25 d'épaisseur pour des briquettes de 220 × 15 × 3^{mm}. Dans les électrodes perforées d'Edison, la surface des trous est égale aux $\frac{20}{100}$ de la surface totale perforée. Le nombre total des trous est de 6400 pour une briquette de 13 × 75 × 2^{mm}, en comptant les deux côtés. — La perforation peut se faire (et c'est le cas des électrodes Edison) à l'aide de cylindres entre lesquels passe la tôle sous forme de bandes sans fin. Les cylindres peuvent être gravés à l'eau forte ou constitués par l'assemblage de tôles circulaires en acier, taillées et séparées des disques de diamètre un peu plus faible.

L. J.

Moule pour la coulée sous pression des plaques d'accumulateurs, Charles Vellino (Brevet allemand 158421 du 3 septembre 1903. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 143, 15 juin 1905). — La figure 1 représente la disposition brevetée. h est une portion de paroi d'une marmite de fusion remplie de plomb fondu l. Dans cette marmite est disposée une pompe dans le corps g de laquelle se meut un piston perforé i actionné par la tige q. Cette tige de piston

Fig. 1. Fig. 2.



forme à sa partie inférieure la soupape r qui, lors du mouvement de descente, ferme l'ouverture du piston i. Le plomb pénètre alors par le tube s dans le moule t jusqu'aux évents situés à la partie supérieure. A cet endroit, le moule possède des joues b_1 et b_2 avec des perforations n par lesquelles on peut faire passer de l'eau froide ou un gaz froid quelconque. Les joues b_1 et b_2 sont assemblées de façon à offrir au plomb liquide la plus grande surface de refroidissement possible. La figure 2 représente une disposition particulière de ces joues. Par suite de ce refroidissement, c'est à la partie supérieure que le plomb se solidifie tout d'abord de telle sorte que, le piston continuant à agir, le plomb qui ne peut plus s'échapper à la partie supérieure fermée est comprimé et pénètre dans les nervures les plus fines du moule. Le moule et les joues sont maintenus en place par les coquilles a_1, a_2, fermées au moyen de l'arbre e. Afin d'em-

pêcher le plomb de se solidifier dans le tube s et d'obstruer l'orifice, celui-ci est formé à la partie supérieure d'un bloc métallique f épais et perforé, qui plonge en partie dans le plomb fondu de la marmite et lui emprunte constamment de sa chaleur. Pour que cette chaleur ne se communique pas au moule, entre le bloc f et le moule proprement dit, sont intercalées des joues de refroidissement d_1 et d_2 dans lesquelles des ouvertures n peuvent laisser passer un courant liquide ou gazeux. Le refroidissement n'a besoin que d'être faible ici; il est réglé de telle façon que le plomb se solidifie finalement entre les parties supérieures des joues, tandis qu'il reste fluide entre les parties inférieures. En ouvrant le moule, le plomb liquide retombe dans le tube s jusqu'au niveau de la marmite pendant que le moule proprement dit reste rempli de plomb solidifié. Après démoulage de la masse, il n'y a plus qu'à séparer les masselottes correspondant aux joues de refroidissement pour obtenir la plaque k. L. J.

Essais de locomobiles Wolf avec vapeur surchauffée (*Revue de Mécanique*, t. XVI, p. 332-348, 30 avril; d'après *Zeits. des Ver. Deutsch. Ing.*, 11 février 1905). — Cinq de ces essais ont été faits par M. F. Gutermuth, et son assistant M. Heilmann, dans les ateliers de M. Wolf, à Magdebourg. La locomobile essayée, d'une puissance de 200 chevaux, est du type demi-fixe compound, à surchauffeur et à condenseur. Le surchauffeur, composé de trois serpentins concentriques, est placé immédiatement après le corps tubulaire de la chaudière; la vapeur arrive dans le serpentin extérieur, traverse successivement les deux autres et s'en va dans la boîte à vapeur. La construction de la machine ne diffère de celle d'une machine ordinaire que par la distribution des cylindres de haute pression : pour éviter le coincement qui pourrait résulter de la haute température de la vapeur surchauffée, les doubles tiroirs généralement employés sont remplacés par un tiroir cylindrique ordinaire réglé par un régulateur dans le volant. — Nous n'avons pas à entrer ici dans le détail de ces essais; nous n'avons qu'à en signaler les résultats, résultats que nous avons résumés dans les cinq premières colonnes du Tableau ci-joint. Ce Tableau renferme en outre les résultats d'essais effectués par les ingénieurs de la maison Wolf et par M. Josse sur d'autres types de locomobiles : l'essai VI se rapporte à une locomobile à un cylindre, à échappement libre; l'essai VII, à une locomobile à deux cylindres tandem, avec échappement libre; les trois suivants à une locomobile à deux cylindres tandem, avec surchauffeur intermédiaire et à condensation; enfin les deux derniers sont des essais récents faits par M. Josse et sur lesquels on trouvera quelques renseignements dans l'analyse suivante. Les charbons utilisés dans ces divers essais avaient des pouvoirs calorifiques différents; les chiffres de la dernière ligne du Tableau ont été calculés dans l'hypothèse de l'emploi d'un charbon au pouvoir calorifique de 7500 calories par kilogramme. La dépense de vapeur a été rapportée au cheval-heure indiqué, la dépense par cheval-heure effectif n'étant pas explicitement donnée pour tous les essais; mais cette dernière peut se déduire de la première dans 10 des essais pour lesquels le rendement mécanique est donné.

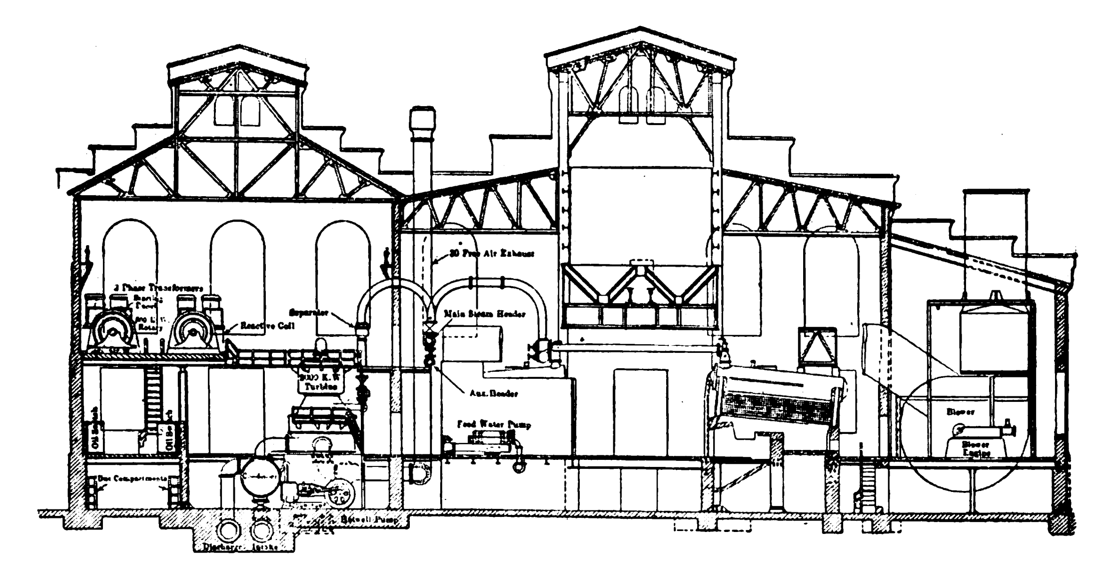
ESSAIS.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Pression dans la chaudière, en atmosphères...	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	12	12	12	12	12	12,1	12,1
Température de la vapeur saturée..........	189°,7	189°,7	189°,7	189°,7	189°,7	190°,6	190°,6	190°,6	190°,6	190°,6	190°,9	190°,9
Température à l'entrée dans le cylindre HP...	313°	268°	312°	309°	332°	307°	320°	325°	330°	330°	340°	360°
Surchauffe........................	123°	78°	122°	119°	142°	116°,4	129°,4	134°,4	139°,4	139°,4	151°,9 *57°,9	172°,7 *71°,4
Puissance indiquée, en chevaux..............	195	152	195	224	249	49,5	84,6	44,7	57,8	65,6	47,0	59,4
Puissance effective..........................	177	134	177	203	226	44,0	81,6	41,0	52.5	61,5	43,2	55,1
Rendement mécanique..........................		0,88	0,90		0,91	0,89	(0,96)	0,92	0,91	0,94	0,919	0,927
Dépense de vapeur par ch.-h. indiqué, en kg...	4,74	4,91	4,71	4,75	4,62	7,6	6,96	4,4	4,36	4,42	4,55	4,34
Dépense de charbon par ch.-h. effectif, en kg...	0,633	0,641	0,628	0,618	0,632	0,97	0,85	0,63	0,59	0,58	0,63	0,58

* Dans les essais XI et XII, le premier nombre indique la surchauffe produite par le premier surchauffeur; le second chiffre, celle donnée par le surchauffeur intermédiaire.

Nouveaux essais de locomobiles Wolf à double surchauffeur (*Génie civil*, t. XVII, p. 423, 428, oct. 1905, d'après *Zeits. des Ver. Deutsch. Ing.*). — Ces essais ont été faits par M. Josse, professeur à l'École supérieure technique de Charlottenbourg. La machine, de 50 chevaux environ, est munie d'un double surchauffeur logé dans la boîte à fumée : en quittant le faisceau tubulaire les gaz brûlés enveloppent les serpentins, puis les cylindres haute pression avant de s'échapper par la cheminée. La vapeur sortant de la chaudière entre dans le premier surchauffeur, le parcourt et arrive au cylindre haute pression; après s'y être détendue, elle revient au deuxième surchauffeur et gagne enfin le cylindre basse pression. Celui-ci est logé dans la prise de vapeur du corps cylindrique et par conséquent environné de vapeur vive sur toute sa périphérie. La distribution se fait par tiroir cylindrique dans le cylindre haute pression et par tiroir plat dans le cylindre basse pression. Dans les essais la locomobile fonctionnait avec condensation par mélange, et la chaudière était alimentée avec l'eau du condenseur. Les surfaces de chauffe étaient de $14^{m^2},3$ pour la chaudière, $11^{m^2},8$ pour le premier surchauffeur, 4^{m^2} pour le second. — Les principaux résultats des deux essais effectués par M. Josse sur cette locomobile sont indiqués dans les colonnes XI et XII du Tableau ci-dessus; ils concordent parfaitement avec ceux des essais VIII à X effectués par les ingénieurs de la maison Wolf sur une locomobile du même type. La discussion des autres résultats montre : que le rendement thermique de l'ensemble de la chaudière et des surchauffeurs est de 75,4 pour 100 dans le premier essai et de 77,7 pour 100 dans le second, les rendements respectifs de la chaudière, du premier surchauffeur et du second étant 65,1, 7,4, 2,9 (premier essai) et 65,6, 8,5, 3,6 (deuxième essai); que le rendement thermique de la machine à vapeur est 18,3 (premier essai) et 19,8 (deuxième essai); enfin que le rendement global de la locomobile est 13,4 (premier essai) et 13,3 (deuxième essai). — La discussion des diagrammes permet de se rendre compte des différences de fonctionnement de la machine dans les deux essais : on voit que dans le premier

le cylindre haute pression fonctionne seul avec de la vapeur surchauffée, la vapeur arrivant presque saturée dans le cylindre basse pression où cependant ne se produit pas de condensation; dans le second essai, grâce à l'élévation de la surchauffe initiale et de la surchauffe intermédiaire (*voir* Tableau), la vapeur reste surchauffée pendant la plus grande partie de la détente. La diminution de la consommation de vapeur dans le second essai met ainsi en évidence l'utilité du surchauffeur intermédiaire. — Il est aussi à remarquer que la valeur 19,8 trouvée pour le rendement thermique de la machine à vapeur se rapproche beaucoup de celle que l'on obtient avec de puissantes machines fixes à double et triple expansion, très bien construites; aussi la consommation de vapeur par cheval effectif de la locomobile Wolf de 60 chevaux est-elle, à pleine charge, de très peu supérieure à celle d'une machine Sulzer de 4500 chevaux installée à la station centrale Moabit, à Berlin.

Usine génératrice d'Utica pour l'alimentation des lignes électriques du New-York Central (*Electrical World and Engineer*, t. XLVI, p. 95, 15 juillet). — Les projets prévoient l'utilisation future des chutes d'eau environnantes pour l'alimentation, par l'intermédiaire de sous-stations, de ces lignes électriques. Pour le début on a dû construire une puissante usine à vapeur de 8000 kilowatts, qui, dans l'avenir, servira d'usine de secours aux usines hydrauliques. Comme le montre la figure ci-jointe, cette usine, de 42^m de long et de 38^m de large, est divisée en deux parties : la salle des machines et la salle des chaudières; à droite de cette dernière est un bâtiment contenant un aspirateur chargé d'établir le tirage nécessaire des foyers. La salle des chaudières contiendra 16 générateurs à tubes d'eau : la salle des machines, trois groupes électrogènes de 2000 kilowatts et deux de 1000 kilowatts. Chaque groupe électrogène est constitué par une turbine Curtis et un alternateur triphasé, 2300 volts, 40 périodes par seconde; le courant d'excitation est fourni par des dynamos commandées par des moteurs triphasés à 2300 volts. Pour la transmission dans les sous-stations, la tension est élevée à 20000 volts par cinq transformateurs; les enroulements secondaires de ces transformateurs sont arrangés de façon à pouvoir élever la tension à 30000 volts si cela devient nécessaire. — Inutile de dire que cette usine est munie de tous les perfectionnements modernes (chargeurs de foyers automatiques, convoyeurs pour l'enlèvement des cendres, etc.), et qu'elle est située dans d'excellentes conditions pour la réception du combustible ainsi que pour l'alimentation en eau des chaudières et des condenseurs. Ajoutons, comme particularité de construction, que les fondations des chaudières et des turbines ont été faites avant celles des murs, le matériel générateur devant être prêt à fonctionner le 1er juillet dernier, date qui ne permettait pas de terminer complètement l'usine avant sa mise en exploitation.



BREVETS RÉCENTS.

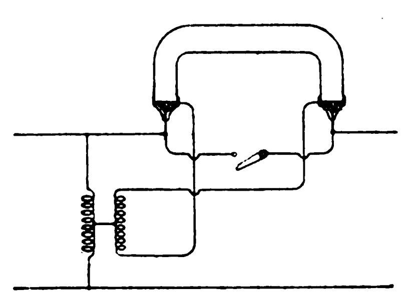
Machines génératrices. — CENTNER. DRP. 163082, 4 mai 1904 (production de champs tournants). — CHAPLIN. BP. 22966, 1904 (dynamo). — CHITTY. USAP. 795481, 11 avril 1905 (dynamo). — DUNN. USAP. 792762, 24 oct. 1904 (dynamo). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 20552, 1904 (dynamos). — HASSLACHER. DRP. 164965, 31 août 1904 (compoundage des machines synchrones). — JORDAN. USAP. 794022, 8 mars 1905 (dynamo). — MERVES. DRP. 164988, 20 février 1904 (machine à courant alternatif). — NOEL. BF. 350100, 4 août 1904 (générateur électrique à gaz). — POULSEN. DRP. 162945, 12 juillet 1903 (courant à haute fréquence). — SCHMIDT. BF. 354169, 10 mai 1905 (aimant de champ servant à annihiler l'action en retour de l'armature); ID. 354834, 31 mai 1905 (système régulateur automatique pour un groupe de machines composé du moteur, de la dynamo principale et de la dynamo tampon). — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 164617, 24 avril 1904 (excitation des machines électriques). — SIMONDS. BP. 9540, 1905 (dynamo). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 353704, 25 avril 1905 (emploi des alternateurs synchrones). — VANDERVELL et PROCTOR. BP. 10748, 1904 (dynamos). — VANDERVELL. BF. 354150, 10 mai 1905 (perfectionnements apportés aux dynamos). — WALKER. BF. 354880, 2 juin 1905 (perfectionnements dans les machines dynamo-électriques). — ZANI, DICK et KERR. BP. 17601, 1904 (rotors). — ZIEHL. DRP. 162724, 19 août 1903 (machine polyphasée auto-excitatrice). — *Divers :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 163872, 25 nov. 1904 (balais). — CHAPMAN. BF. 354294, 15 mai 1905 (procédé pour enlever au papier, au fil et à d'autres matières l'électricité qu'ils contiennent).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Parafoudre à vapeur de mercure. P. COOPER HEWITT (Brevet américain 799049, déposé le 12 mai 1902, délivré le 12 sept. 1905). — Chaque conducteur est relié à la terre par un circuit contenant un tube à vapeur de mercure en forme de U renversé, dont les dimensions et le degré de vide sont tels que l'arc ne puisse jaillir sous la tension normale de distribution. Lorsqu'une décharge atmosphérique vient augmenter la différence de potentiel entre le conducteur et la terre, l'arc s'amorce et le conducteur se trouve en communication avec la terre. Dans le cas où le conducteur sert à la transmission de courants alternatifs, l'arc se rompt à la première alternance qui suit la fin de l'écoulement de la surcharge due à la perturbation atmosphérique; si la transmission est à courant continu, on parvient à rompre l'arc en donnant à l'appareil des dimensions telles que la densité de la vapeur de mercure prenne bientôt une valeur incompatible avec le maintien de l'arc.

Parafoudre à cornes dentelées, par G.-M. STANOIÉVITCH (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 524, 16 oct. 1905). — L'auteur propose de remplacer les tiges rondes des parafoudres à cornes, genre Siemens, par des tiges dentelées et à section aiguë. Pour justifier ce changement, l'auteur invoque les raisons suivantes : « Puisqu'il s'agit ici de protéger les lignes électriques contre les décharges d'électricité statique, il est évident que le fonctionnement des paratonnerres serait plus efficace et plus sûr si l'on employait dans la construction des cornes l'effet bien connu des pointes, en multipliant en même temps les branches ou cornes d'une façon plus ou moins simple et pratique. Au lieu d'employer pour les cornes une paire de tiges de section plus ou moins arrondie comme on les fait à présent, il est préférable de remplacer les tiges par des surfaces étroites, repliées en zigzag ou dentelées en dents aiguës, de sorte qu'entre les deux branches dentelées puisse s'établir l'action des pointes. De cette façon, l'action du paratonnerre devient non seulement plus sensible et plus régulière, mais, la décharge d'électricité atmosphérique entre les dents pointues étant plus facile, on pourra écarter davantage les branches dans leurs parties les plus rapprochées, même dans le cas des courants de tensions par trop élevées et rendre impossible la communication de deux branches par des gouttes de pluie ou autres corps étrangers. D'autre part, dans le cas de pluie, les gouttes ne pourront pas descendre suivant les sommets des dents; mais, au contraire, elles descendront suivant les cavités qui restent entre les dents et ne pourront en aucun cas produire des courts-circuits dans la ligne. L'action des pointes ou des dents étant la plus efficace et la plus nécessaire dans la partie la plus rapprochée des cornes, c'est-à-dire dans leurs bases, on pourrait, dans les parties plus éloignées, restreindre soit le nombre, soit la longueur des dents, de façon que chaque corne soit terminée en pointe et, vue de face, se présente sous la forme d'un triangle très allongé et convexe. »

Dispositifs pour prévenir la formation d'arcs aux interrupteurs. P. COOPER-HEWITT (Brevets américains 799050 à 799053, déposés en mars et août 1903, délivrés le 12 septembre 1905). — **Idem,** E.-S. HALSEY (Brevet américain 798336, déposé le 30 nov. 1904, délivré le 29 août 1905). — Les dispositifs Cooper-Hewitt utilisent les tubes à vapeur de mercure. Un de ces tubes est placé en dérivation sur l'interrupteur; quand on ouvre celui-ci un arc est amorcé dans le tube, soit par le moyen d'un transformateur comme l'indique la figure, soit par l'intermédiaire d'électrodes supplémentaires disposées dans le tube entre les électrodes principales; le passage de l'arc vaporise le mercure et bientôt la densité de la vapeur de mercure prend une valeur trop grande pour que le courant puisse subsister; l'arc s'éteint alors. Dans d'autres dispositifs l'arc est rompu dans le tube par soufflage magnétique; un petit électro-aimant placé près du tube et dont le circuit est fermé par la manœuvre de l'interrupteur produit le champ nécessaire. — M. Halsey dispose en dérivation un circuit contenant un intervalle



d'air et des électrodes d'aluminium plongeant dans une solution d'acide citrique; aussitôt après l'ouverture de l'interrupteur un courant circule dans le cicuit dérivé en formant un arc dans l'intervalle d'air; mais ce courant donne lieu à la formation d'une couche d'alumine sur les électrodes et la résistance de ces couches atteint bientôt une valeur telle que le courant devient trop faible pour entretenir l'arc; celui-ci s'éteint. L'alumine se dissout ensuite dans l'acide citrique et l'appareil se trouve prêt pour une nouvelle opération.

BREVETS RÉCENTS.

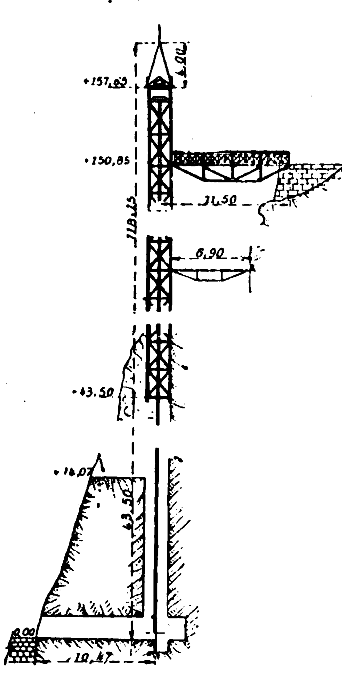
Appareils de sécurité : ANDERSON. USAP. 796550, 20 sept. 1904 (paratonnerre). — BELLIOL. BF. 354170, 10 mai 1905 (limiteur de tension). — ELLIS. BP. 14876, 1904 (protecteur). — LAND UND SEEKABELWERKE. BF. 353314 (dispositif indicateur de décharges produites aux dispositifs de sûreté protégeant les conducteurs contre le survoltage dans les canalisations). — LETROTEUR. BF. 354187, 10 février 1905 (appareil de sécurité avec ancrages équilibrés pour la mise en court-circuit des conducteurs aériens lors de leur rupture, avant que ceux-ci n'atteignent le sol, pour hautes et basses tensions). — MUELLER. USAP. 793143, 27 août 1905 (pare-étincelles). — WEN. BF. 354568, 23 mai 1904 (Dispositif électrique perfectionné pour canalisation électrique à haute tension). — O'CONNELL. USAP. 795538, 20 juillet 1904 (parafoudre formé de deux blocs de charbon séparés par une matière isolante à base de soufre). PARKER. USAP. 793802, 9 juillet 1904 (parafoudre). — PRICE et MC CULLOUGH. USAP. 796760, 6 mars 1905 (conducteur pour paratonnerre). — SCHATTNER. USAP. 795369, 8 juillet 1904 (indicateur d'excès de courant).

Interrupteurs : ANDREWS. BP. 7874, 1905. — BOUVIER. BF. 354082, 5 mai 1905. — BROWN. USAP. 793563, 5 avril 1902. — CARICHOFF. USAP. 795340, 25 août 1900. — CROMPTON ET CO. BP. 15618, 1904. — DARNELL. BF. 353696, 25 avril 1905. — GUETT. USAP. 794220, 4 nov. 1903. — JUSTE et Cie. BF. 353233, 11 avril 1905. — LAING. USAP. 794518, 28 mars 1904. — MOY et BASTIE. BP. 5232, 1905. — ROBIQUET. BF. 354855, 31 mai 1905. — STATTER. BP. 16846, 1904.

Résistances et rhéostats. — ELECTRIC EQUIPMENT AND SECURITIES CO. BP. 16422 et 16423, 1904. — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 18361, 1904. — HOWELL. USAP. 794983, 23 nov. 1903. — L'ECLAIRAGE ÉLECTRIQUE. BF. 353658, 22 avril 1905. — MOY et BASTIE. BP. 22647, 1904. — POMEROY. USAP. 797369, 1er déc. 1903. — STUDGEON. USAP. 794820, 4 fév. 1904. — VEDOVELLI. USAP. 795803, 23 mai 1904. — WEST. BP. 311, 1905. — YATES et FENWICK. USAP. 793493, 26 sept. 1904.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Ascenseur électrique du Bürgenstock (*Génie civil*, t. XLVII, p. 401-403). — Le terminus du chemin de fer électrique du Bürgenstock est à 156^m en contre-bas du sommet de cette montagne. Pour faciliter l'accès de ce sommet, d'où l'on jouit d'une vue admirable sur le lac des Quatre-Cantons, on vient d'installer un ascenseur de 151^m de course verticale. Ainsi que le représente la figure, la partie inférieure des guidages est ancrée dans les parois d'un puits creusé dans le rocher; la partie supérieure est fixée à un pylône métallique, de 118^m de hauteur jusqu'au paratonnerre, maintenu par des ancrages dans la paroi presque verticale du rocher; une passerelle permet l'accès à la plateforme d'arrivée. La cabine est suspendue par trois câbles de 16^{mm} de diamètre composés de fils d'acier de 1^{mm} de diamètre; l'un porte un contrepoids, les deux autres s'enroulent sur un tambour en chêne de 2^m de diamètre; chacun de ces câbles peut résister à un effort de 16 000^{kg}; la cabine et les accessoires ne pèsent pas plus de 1600^{kg}. Le treuil, établi dans une chambre souterraine, est entraîné, au moyen d'engrenages réducteurs, par un moteur shunt bipolaire d'une puissance de 15 chevaux, mais pouvant donner 25 chevaux au démarrage; la vitesse angulaire du moteur est de 900 t:m sous une tension d'alimentation de 1200 volts; la vitesse d'ascension de la cage est alors de 1 m:sec et par suite la durée de l'ascension est d'environ 3 minutes; comme le courant est amené par la ligne qui alimente le chemin de fer, la tension se trouve parfois réduite à 900 volts quand un train monte; la vitesse d'ascension se trouve dès lors réduite à trois quarts de la valeur indiquée plus haut. Si la vitesse vient à atteindre 1,20 m:sec, un disjoncteur coupe automatiquement le courant d'alimentation et le courant se trouve lancé dans un solénoïde commandant un frein qui assure l'arrêt. Dans le cas où ce dispositif ne fonctionnerait pas, le parachute de la cabine se déclanche dès que la vitesse atteint 1,35 m:sec et ce parachute provoque un arrêt brusque par coïncement; en même temps la tension des câbles diminue et provoque le fonctionnement mécanique du disjoncteur. Un indicateur donne à chaque instant au machiniste la position de la cage et lui permet de l'arrêter au moment opportun; mais, pour parer à toute défaillance du machiniste, le combinateur de manœuvre se trouve automatiquement ramené à sa position d'arrêt quand la cabine approche de sa position extrême.



BREVETS RÉCENTS.

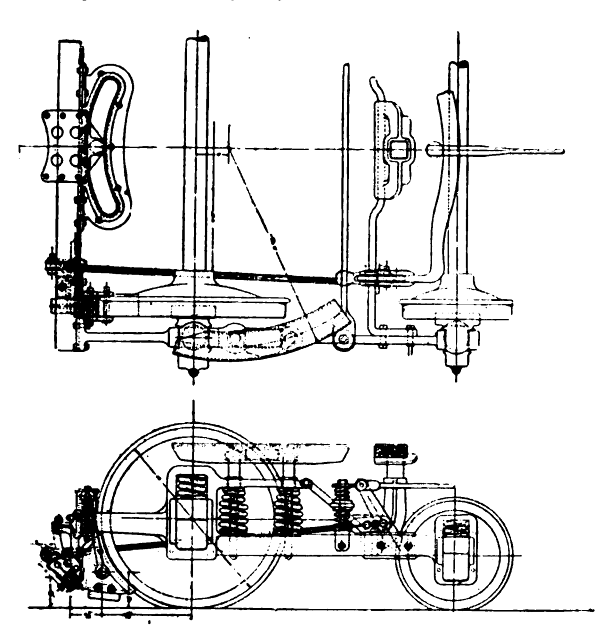
Machines diverses : FISCHER. USAP. 795 432 et 797 103, 1er sept. 1904 et 20 nov. 1903 (armature polarisée et sonnerie électrique). — FULLER. USAP. 797 424, 28 janv. 1905 (avertisseur d'incendie). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 17016, 17018, 17809, 17813, 18173, 18202, 18203, 18446, 19478, 19574, 19885, 20548 et 20550, 1904 (contrôleurs). — GRISSON. BF. 354 328, 16 mai 1905 (système de couplage pour appareils électromagnétiques). — HEPLER. USAP. 794012, 6 fév. 1905 (indicateur de température électrique). — HINCKS. BP. 19061, 1904 (instruments de calcul). — HOPE-JONES. BP. 6066, 1905 (horloge électrique). — JACKSON. USAP. 794 358, 6 juin 1904 (contrôleur). — KAVANAUGH. USAP. 792 776, 15 avril 1904 (trieur magnétique). — KIRNAN. USAP. 12364, 4 mai 1904 (avertisseur d'incendie). — KITSEE. USAP. 793036, 17 nov. 1902 (sonnerie électrique). — LANGGUTH. USAP. 793 137, 18 juin 1904 (séparateur électromagnétique de minerais). — LEON. USAP. 796437, 4 août 1904 (fermeture électrique des portes). — LEVIN. BP. 18054, 1904 (avertisseur). — MARE (DE). BP. 22905, 1904 (ventilateur). — MUSSIG. DRP, 164471, 7 août 1904 (commande de machines à écrire). — NEES. USAP. 795 165, 14 juillet 1904 (cachette dissimulée dans le bois de lit avec avertisseur électrique). — NIGHTINGALE. USAP. 795 726, 16 juillet 1904 (régulateur électropneumatique). — POMEROY. USAP. 797 217, 8 déc. 1903 (mécanisme de commande des contrôleurs). — PRELLWITZ. USAP. 792 787, 20 nov. 1903 (système électrique pour décharger un compresseur d'air). — RENO. USAP. 793 848, 11 mars 1905 (contrôleur électrique). — ROSENBERG. BP. 17 425, 1904 (régulateur automatique). — ROUTIN. USAP. 796 606, 17 juillet 1901 (régulateur électromécanique). — RUBAUDO, ESTIER, MALLET et MOUREN. BP. 15386, 1904 (élévateur). — SCOTT. BP. 17 442, 1904 (contrôleur). — SHERMAN. USAP. 796 259, 22 avril 1904 (outil à mouvement alternatif commandé électromagnétiquement). — SHONARD. USAP. 795 313, 22 mai 1900 (piano électrique). — STEELE. USAP. 794 647, 3 fév. 1902 (séparateur électrostatique de minerais). — STEWART, TURNER et DIXON. USAP. 792471, 26 nov. 1904 (aiguille de chemin de fer à commande électrique). — THOMPSON. BP. 15599, 1904 (avertisseur électrique). — TOBIAS et BERGER. DRP. 163052, 29 juillet 1904 (machine à écrire photographique). — TURBAYNE. USAP. 795462, 15 septembre 1904 (appareil de réglage électrique dans lequel la manette du rhéostat est actionnée par le moteur même). — TYER. BP. 17000, 1904 (relais électromagnétique). — WHITEHOUSE. USAP. 795 670, 28 mars 1905 (contrôleur). — WILLIS. BP. 15 563, 1904 (avertisseur). — WOOLLEY. USAP. 794 269, 3 août 1904 (aiguillage électrique). — WRIGHT. BP. 16853, 1904 (indicateur d'arrêt). USAP. 794 442, 10 fév. 1905 (contrôleur). — YATES. USAP. 793 494, 28 nov. 1904 (contrôleur).

Signaux : BASS. USAP. 792 875, 7 mars 1904 (signal pour blocksystème). — BERTY (MAC). USAP. 795 532 et 797 141, 4 avril 1901 et 9 sept. 1904 (signal pour blocksystème). — BULLARD. USAP. 792 963, 8 mai 1903 (signal pour voie ferrée). — COREY. USAP. 797 498, 21 janvier 1905 (signal pour blok-système). — COULTER. USAP. 794 784, 5 sept. 1903 (signal pour blok-systèmes). — COUSIN. USAP. 797 180, 3 avril 1905 (signal de sûreté pour voies ferrées). — ENSIGN. USAP. 791 187, 20 sept. 1904 (signal pour voiture). — FOREMAN. USAP. 797 191, 28 mars 1905 (signal annonçant l'approche d'un train). — FREDERICKSON. USAP. 793 578, 1er août 1904). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 19889 et 19891, 1904 (signaux pour chemins de fer). — GRABOSCH. BP. 29 354, 1904 (signaux). — GRAHAM. USAP. 794 616, 9 juillet 1904. — HERSHEY. USAP. 796 512, 7 déc. 1901 (signal d'alarme). — HOLMES. BF. 353 605, 15 mars 1905 et BP. 29 531, 1904. — HOOWER. USAP. 795 512, 12 janvier 1904 (signal pour voies ferrées). — IRVING. USAP. 792 900. 14 mars 1903 (signal pour chemins de fer).



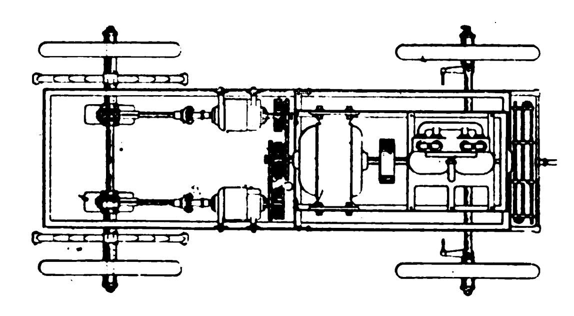
TRACTION.

Frein à action simultanée sur les roues et sur les rails (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 458, 23 sept. 1905). — Les figures ci-dessous représentent en plan et en élévation ce système de frein nouvellement introduit sur le marché par la United States Metal and Manufacturing C°, et qui n'est d'ailleurs qu'un perfectionnement à un frein du même genre utilisé depuis plusieurs années sur le tramway



funiculaire qui dessert à Brooklyn une rue présentant une pente de 9 pour 100. Ce frein, manœuvré à main, comporte une paire de sabots agissant sur les roues et une autre paire venant en contact avec les rails; c'est la première paire de sabots qui commence par agir et qui produit le freinage dans les mêmes conditions que les freins ordinaires à main; mais s'il est nécessaire d'obtenir un arrêt brusque il suffit au mécanicien de continuer à tourner la manivelle de commande : les sabots des roues frottent plus fortement sur celles-ci et en même temps les autres sabots viennent en prise avec les rails.

Électromobiles mixtes. H. Lemp (Brevets américains 799245 déposé le 31 mars 1904, délivré le 12 sept. 1905, et 800118, déposé le 13 janvier 1905, délivré le 19 sept. 1905). — **Idem.** J. Le Conte Davis (Brevet américain 799780, déposé le 9 avril 1904, délivré le 19 sept. 1905). — La figure ci-jointe représente la disposition préconisée par M. Lemp dans le premier de ses brevets : l'arbre d'un moteur à pétrole porte une dynamo et un embrayage magnétique pouvant actionner par chaînes deux autres arbres en prise avec l'essieu moteur et sur lesquels sont montées les armatures de deux moteurs électriques. Le combinateur réglant la vitesse permet trois vitesses pour la marche avant et une pour la marche arrière. Pour la première position de la marche avant, les deux moteurs électriques sont reliés en série avec le circuit de la dynamo; pour la seconde, les deux moteurs sont reliés en parallèle; pour la troisième, les circuits des moteurs sont ouverts et le circuit de la dynamo est fermé sur l'embrayage magnétique : la puissance du moteur à pétrole est alors transmise à l'essieu par les chaînes et les deux arbres latéraux sans l'intermédiaire des moteurs électriques. Pour l'unique position correspondant à la marche arrière les moteurs sont couplés en série. Le système de transmission ne comporte aucun différentiel; aux faibles vitesses les moteurs électriques remplacent un différentiel; à la plus grande vitesse un différentiel est plutôt nuisible qu'utile. — Dans la disposition qui fait l'objet du second brevet les deux moteurs



électriques restent constamment reliés à la dynamo. La variation de vitesse de marche est obtenue, entre certaines limites, en faisant varier la vitesse angulaire du moteur à pétrole commandant la dynamo; lorsqu'on diminue cette vitesse angulaire au-dessous d'une certaine limite l'excitation de la dynamo cesse et les moteurs électriques s'arrêtent. — Dans le système Davis l'arbre qui actionne l'essieu du véhicule porte l'armature du moteur électrique et l'une des roues extérieures d'un différentiel; l'autre roue de ce différentiel est montée sur l'arbre d'une dynamo et le pignon central est actionné par un moteur à pétrole. Celui-ci tourne à vitesse constante et les variations de vitesse de la voiture sont obtenues en modifiant soit l'excitation de la dynamo, soit les connexions de celle-ci avec le moteur.

Influence du facteur de charge des installations génératrices de traction sur les dépenses d'exploitation. Mémoire présenté par P. Crecelius, à la Convention de Philadelphie de l'American Street Railway Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 563, 30 sept. 1905). — On doit chercher dans toute exploitation de tramways à améliorer le facteur de charge de l'ensemble des installations génératrices, c'est-à-dire le rapport de la puissance moyenne à la puissance maxima demandée. Toute amélioration dans ce sens procure une économie dans le prix de revient de l'énergie consommée. Il n'est pas possible d'éviter les pointes de la consommation totale qui correspondent aux conditions du trafic, par exemple, à l'entrée et à la sortie des ateliers et bureaux, mais lorsque l'installation comporte plusieurs stations, on peut agir sur le groupement des stations, comme c'est le cas à Saint-Louis. — Le réseau de cette ville est desservi par deux grandes stations et deux petites; on les a réunies en parallèle au moyen de fideurs doubles que l'on peut connecter ou déconnecter à l'aide d'interrupteurs. On peut ainsi faire des combinaisons, de manière à faire travailler les deux grandes stations dans les meilleures conditions de charge, en faisant débiter aux deux petites stations une quantité très variable de courant; le prix de revient dans ces deux petites usines qui travaillent avec un faible facteur de charge se trouve alors augmenté, mais, d'autre part, les deux grandes usines qui travaillent dans de meilleures conditions fournissent le courant à prix plus bas, et, par leur influence prépondérante, abaissent le prix de revient moyen total. A Saint-Louis, par exemple, on a pu, de cette manière, élever de 50,23 pour 100 à 57,7 pour 100 le facteur de charge total et réaliser de ce fait une économie de 0,00875 centime par kilowatt-heure, représentant 890^{fr} par jour. — Il peut y avoir également intérêt à installer des batteries tampons dans les usines, malgré le prix énorme (il s'agit de l'Amérique) d'installation et d'entretien des accumulateurs.

Ch. J.

Sur l'exploitation d'un réseau de tramways électriques, par HERRICK (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 442 à 446, 23 septembre 1905).

Il se présente des cas où l'on s'aperçoit, sans trouver de causes bien définies, que les recettes d'un réseau de tramways couvrent les dépenses insuffisamment pour donner un revenu convenable. Comme il est très difficile d'augmenter les recettes, lesquelles dépendent du public, il faut chercher à réduire les dépenses d'exploitation. Contre les défauts capitaux d'installation il n'y a aucun remède, mais souvent on peut arriver à réduire sensiblement les dépenses par de petites modifications d'exploitation ou d'installation. On ne peut obtenir ce résultat que par une étude très serrée, facilitée par l'établissement de graphiques, des diverses parties de l'exploitation. Voici, à titre d'exemple, comment l'on peut procéder :

Système de distribution. — On établit à l'aide des courbes d'enregistreurs ou d'une série de mesures, l'intensité moyenne traversant chaque fideur et, connaissant sa résistance et le prix de revient du kilowatt-heure, on peut tracer un diagramme triangulaire dont la surface donne le coût de l'énergie perdue annuellement par effet Joule tout le long des fideurs. On voit alors s'il est possible d'améliorer l'ensemble du réseau, c'est-à-dire de diminuer le total des pertes annuelles, par une répartition plus judicieuse des lignes à trôlet alimentées par les fideurs. Une dépense exagérée provient souvent de l'emploi d'interrupteurs de section, rendant tous les fideurs indépendants, de sorte que certains d'entre eux travaillent dans de très mauvaises conditions. On peut souvent améliorer le réseau en reliant des fideurs entre eux; la sécurité est tout aussi grande qu'avec des interrupteurs de section si l'on a soin d'interposer entre les fideurs réunis des disjoncteurs automatiques réglés de façon à couper la liaison si le courant dépasse de 60 pour 100 le maximum normal admis dans le plus court d'entre eux. Ces disjoncteurs peuvent être munis de sémaphores. La dépense de leur établissement n'est pas onéreuse (350fr) et se trouve regagnée souvent au bout de quelques mois par l'économie d'énergie qu'ils procurent.

On peut établir, d'une manière analogue, à l'aide de relevés directs, les diagrammes donnant la perte annuelle d'énergie due au retour du courant par le rail et la terre ensemble, à une distance quelconque. On voit alors s'il est possible de diminuer ces pertes. Par exemple, si la station est située à un des bouts du réseau et que la densité de courant soit trop forte dans la partie de la voie proche de la station; par exemple, dépasse 700 ampères dans un rail de 30kg : m, il y a généralement intérêt à installer un fideur de retour. Le graphique indique également s'il y a des joints mauvais et des pertes trop fortes par la terre, mais il n'y a généralement aucun remède contre les pertes à la terre. Il arrive souvent que l'on trouve 60 pour 100 de courant en plus sur les rails intérieurs réunis d'une double voie que sur les rails extérieurs lorsqu'ils ne sont pas réunis, à cause de l'inégalité de passage du courant des roues aux rails; il y a donc intérêt à réunir par des jonctions les rails d'une même voie et les deux voies ensemble.

Equipement de voitures. — On trace à l'aide d'enregistreurs ou de mesures les courbes de consommation de courant sur toutes les lignes du réseau et l'on voit si les équipements sont bien employés. Il y a intérêt quelquefois à prendre un équipement à 4 moteurs à la place d'un à 2 moteurs; dans un essai exécuté par l'auteur, on atteignait, dans le même temps, avec la même voiture et le premier dispositif, une vitesse de 26,7 km : h et seulement 19,2 km : h avec le second dispositif qui consommait à peu près le double pendant la période de démarrage.

En mesurant soigneusement les pertes dans les combinateurs et les moteurs, on se rend compte s'ils sont bien entretenus.

Station centrale. — On peut chercher les économies à réaliser en relevant toutes les consommations et toutes les productions; c'est à la chaufferie que l'on peut gagner le plus. Il est à noter qu'il est quelquefois plus avantageux de faire usage d'un combustible un peu plus coûteux et ayant un plus grand pouvoir vaporisateur. Les économies d'huile ne doivent être réalisées qu'avec beaucoup de prudence, car un graissage imparfait cause des dérangements très onéreux.

Ch. J.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : Chapman et Dawies. USAP. 792569, 23 nov. 1897 (chemin de fer électrique). — Clouston. BP. 20976, 1904. — Collins. BP. 13353, 1904 (chemin de fer électrique). — Dixon. BP. 19540, 1904 (tramways électriques). — Dulait, Zelenay et Rosenfeld. BP. 1820, 1905. — General electric company. BP. 18592 et 19886, 1904 (chemin de fer électrique). — Kaude (de). BP. 14239, 1904. — Kinsman. BP. 1912, 1905 (chemin de fer électrique). — Leblanc (Maurice). USAP. 791982, 29 août 1901. — Rothwell. BP. 14792, 1904 (chemin de fer électrique). — Watkins. BP. 14195, 1904 (tramways électriques). — *Divers* : Frode. BP. 10711, 1904 (automobile électrique). — Hill. BP. 18020, 1904 (propulseur électrique). — Thayer. BP. 11264, 1904 (automobile électrique).

Conducteurs et voie : *Ligne à 3e rail :* Brodton. USAP. 794660, 3 sept. 1904. — Courtney. USAP. 796501, 14 fév. 1905 (support de 3e rail). — Zugermayer. USAP. 797394, 19 avril 1905 (protecteur pour 3e rail). — *Ligne à conducteur souterrain :* Craven. USAP. 795821, 24 mai 1904 (conduite souterraine pour tramways). — *Joints de rails isolants :* Braine. USAP. 797490, 23 juillet 1902 (joint de rail isolé). — *Joint conducteur :* Radford. BP. 21722, 1904. — Wessinger. USAP. 795467, 15 avril 1904. — Wolhaupter. USAP. 794441, 28 nov. 1904 (éclisse électrique et éclisse mécanique combinées).

Mise en marche et régulation : Barr. BP. 3195, 1905. Case. USAP. 795024, 5 déc. 1902. — Ducworth. BP. 689, 1905 — Fry. BP. 618, 1905. — General electric company. BP. 13570, 17017, 17021, 17023, 17024 et 18201, 1904. — Sundh et Magnuson. USAP. 791836, 16 février 1905. — Thomson Houston. BP. 16408, 1904. — Westinghouse. DRP. 164309, 31 déc. 1903. — Worms. DRP. 162410, 16 fév. 1904. — *Freins :* Kramer. BP. 16932, 1904 (frein électromagnétique). — Price. USAP. 795170, 24 juin 1904. — Specht et Krueger. USAP. 796464, 24 juin 1904. — Woods. USAP. 795243, 10 avril 1903.

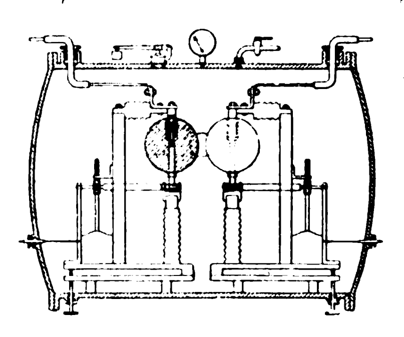
Divers : Bradley. USAP. 792689, 19 octobre 1904 (Signaux pour lignes à trôlet). — Jackson. USAP. 796517, 27 sept. 1904 (support de batterie pour automobile). — Lawrence. BP. 16586, 1904 (aiguillage pour tramways). — Leighton. BP. 2780, 1905 (aiguillage). — Lowry. USAP. 794871, 19 oct. 1904 (dispositif pour augmenter l'adhérence entre les roues et les rails). — Miller. USAP. 791984, 14 janvier 1905 (système de contrôle. — Patenall. USAP. 794423 et 792922, 18 et 27 octobre 1904 (appareil pour contrôler le trafic sur les lignes de tramways). — Shepherd. USAP. 792672, 22 août 1903 (indicateur de noms de stations). — Squire. USAP. 792174, 16 mai 1904 (commande des aiguilles sur les lignes de tramways).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Stations portatives de télégraphie sans fil (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 929, 5 oct. 1905). — Dans les stations mobiles utilisées jusqu'ici, les antennes sont fixées à des ballons ou à des cerfs-volants. Dans les nouvelles stations portatives, on emploie pour la fixation des conducteurs aériens des mâts télescopiques en acier, au nombre de trois. Ces mâts développés ont une longueur totale de 10^m et leur longueur réduite est de $3^m,80$. A cause de leur faible poids, qui n'est que de 20^{kg} par mât, y compris les dispositifs de tension et de soutien, ces mâts peuvent être dressés et fixés sans efforts particuliers et sans grande perte de temps. Pour avoir plus de fixité, les mâts sont pourvus d'une plaque de pied en fonte et tenus dans trois directions par des fils d'acier ancrés dans la terre. Entre les trois mâts sont tendus comme conducteurs aériens des torons de cuivre zingués qui se composent de huit fils de $0^{mm},4$ de diamètre. La fixation des câbles aux mâts est assurée par des porte-mousquetons en laiton et l'isolement par de légers isolateurs en verre. En remplacement de la prise de terre, on dispose entre les mâts un contrepoids équivalent au système aérien au point de vue des propriétés électriques. — La façon dont est produite l'énergie électrique nécessaire est aussi caractéristique que la disposition du système aérien et de son soutien. Les mêmes hommes qui portent et établissent la station produisent également l'énergie électrique. On emploie dans ce but une petite dynamo à courant continu d'une puissance de 100 watts, installée sur un cadre analogue à celui d'une bicyclette. Cette monture est pourvue d'un léger siège pour un homme qui, en pédalant, met la machine en mouvement. De la roue motrice le mouvement est transmis à l'axe de la dynamo par une corde qui commande un disque en aluminium. La vitesse de rotation des roues est telle qu'en pédalant normalement, on obtient à la bobine une longueur d'étincelle de 4^{mm}. La dynamo se trouve devant l'homme qui produit la rotation; cet homme peut ainsi surveiller facilement la régularité de la marche. Le poids d'une telle dynamo est de 30^{kg}. — Au lieu de l'installation précédente, on peut également prendre une sorte de motocyclette dont le moteur commande la dynamo. — Pour la production d'énergie, on peut encore faire usage, dans ces stations, d'accumulateurs portatifs. La batterie remplaçant la dynamo se compose de huit éléments de 16 volts avec une capacité de 30 ampères-heures pour une décharge de 5 heures. Le courant de décharge admissible dépasse de 25 pour 100 l'intensité régulièrement nécessaire. Les accumulateurs se trouvent dans des bacs bien fermés en ébonite qui sont répartis dans deux caisses en bois. Ces caisses ont une hauteur de 29^{cm}, une largeur de $17^{cm},5$ et une longueur de 34^{cm}; une caisse pèse 30^{kg}. 10 hommes sont nécessaires pour le transport de la station complète lorsqu'on emploie la dynamo comme source de courant, 11 hommes lorsqu'on se sert des accumulateurs. Le poids d'une station complète est de 200^{kg} avec dynamo, et de 230^{kg} avec accumulateurs. — A cause de la faible hauteur des mâts, on n'a atteint jusqu'à présent, avec ces stations de télégraphie sans fil, qu'une portée de 25^{km} en terrain plat; mais pour le but auquel les stations sont destinées, les grandes disances sont peu nécessaires. Il importe beaucoup plus que les stations soient tranportées facilement, qu'elles puissent être établies et mises en service aisément et rapidement et enfin qu'elles travaillent sûrement. Les nouvelles stations portatives satisfont à ces trois conditions.

A. H.

Eclateur Fleming (*Elekt. Zeitsch.*, t. XXVI, p. 929, 5 octobre 1905). — Pour élever le potentiel de décharge, les boules entre lesquelles jaillissent les étincelles sont enfermées, comme l'indique la figure, dans un cylindre à air comprimé pourvu d'un manomètre et d'une soupape de sûreté. Afin d'éviter que les décharges ne se produisent toujours entre les mêmes points des électrodes et n'en détériorent ainsi trop rapidement la surface, on emploie la disposition suivante : les deux boules, mobiles autour d'un axe vertical, peuvent



être mises en rotation continue, chacune par un moteur dont le mouvement est transmis à l'axe de la boule par roue dentée et vis tangente. Les étincelles jaillissent ainsi entre des points différents des boules et le pourtour entier des électrodes est utilisé. Le courant à haute tension est amené par des contacts à mercure; dans ce but, les boules sont pourvues d'une cavité axiale remplie de mercure et dans laquelle plongent les contacts. Afin de pouvoir faire varier la longueur d'étincelle, chaque boule, avec son moteur et les transmissions, est disposée sur une petite plate-forme qu'on peut faire mouvoir de l'extérieur au moyen d'une vis micrométrique. La distance explosive peut être réglée ainsi très commodément. Enfin, la décharge se produisant dans un espace fermé, il en résulte un amortissement considérable des claquements de l'étincelle.

A. H.

Sur les éclateurs, par DE VALBREUZE (Communication faite à la séance du 4 novembre de la Société internationale des Électriciens). — Le conférencier résume un certain nombre d'études qui ont été faites sur cette question. En premier lieu, il étudie la distance explosive et sa variation avec les différents facteurs : la distance, la capacité de l'éclateur, la forme et la nature des électrodes (pointes, sphères, plaques), la nature et la pression du diélectrique. Les différents phénomènes constatés peuvent être expliqués par la théorie de l'ionisation : le passage de l'étincelle est facilité lorsque, par exemple, des ions positifs se trouvent au voisinage de la cathode. Dans un deuxième groupe d'études, M. de Valbreuze indique les recherches effectuées sur la résistance de l'éclateur en fonctionnement et sur l'amortissement qui en résulte. Ces recherches comprennent : la résistance de l'étincelle en fonction du courant, la distance explosive en fonction de la résistance, l'influence de la capacité du circuit oscillant sur la résistance, l'influence de l'intensité du courant dans l'éclateur, l'influence de la forme et de la nature des électrodes sur la résistance. Le troisième groupe d'études se rapporte à l'éclateur à vapeur de mercure et à l'éclateur à vide. Enfin, dans un quatrième groupe d'études, M. de Valbreuze parle des expériences personnelles qu'il a entreprises et dans lesquelles il a comparé l'éclateur à air libre et l'éclateur à vide, et employé l'arc à mercure comme arc chantant.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : MURRAY. USAP. 794242, 5 janv. 1905 (transmetteur). — SCHWANZARA. BF. 350024, 28 juin. 1904 (commutateur). — SHEEHY. BP. 27913, 1904 (télégraphe). — STELIES. BF. 353893, 3 mai 1905 (transmetteur à clavier). — WHITE. BP. 17562, 1904 (télégraphe).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Étude chimique sur l'électro-déposition des métaux, par WILDER D. BANCROFT (*Journal of Franklin Institute*, t. CLX, p. 139-147, août 1905).

Il est bien évident que nos connaissances générales en chimie doivent trouver une application dans l'industrie des dépôts métalliques par électrolyse. Cependant le plus souvent ces connaissances ne sont pas utilisées, et dans les usines électrolytiques on considère comme des « tours de main » jalousement tenus secret, bien des faits qui ne sont que des conséquences de faits déjà connus et d'où il eût été possible de les déduire avec quelque réflexion. Ce sont quelques-uns des faits de ce genre que l'auteur examine dans son Mémoire.

En premier lieu il fait observer que presque toujours la mauvaise qualité d'un dépôt métallique résulte de la précipitation de quelque composé du métal (oxyde ou sel basique) sur la cathode. Dès lors toute substance capable de dissoudre ce composé améliorera la qualité du dépôt, et ainsi se trouve expliqué le rôle des nombreuses substances que l'empirisme avait indiquées comme devant être ajoutées aux bains électrolytiques pour obtenir un bon dépôt.

M. Bancroft examine ensuite longuement les conditions qui peuvent modifier la structure cristalline des dépôts; puis il signale l'influence que peuvent avoir les couples locaux formés par le métal déposé et quelque impureté déposée en même temps; enfin il termine par quelques considérations sur l'adhérence des dépôts électrolytiques.

Dans chacune de ces parties, l'auteur cite de nombreux faits tout en n'insistant que le strict nécessaire sur chacun d'eux. Un résumé de son Mémoire perdrait donc tout intérêt; pour cette raison nous avons été amené à en faire une traduction presque littérale que nous donnons ci-dessous.

I. Si l'on excepte les dépôts arborescents, les mauvais dépôts semblent toujours dus à la précipitation d'un composé du métal; ce composé est généralement un oxyde ou un hydroxyde; ce peut être un cyanure quand on électrolyse des solutions de cyanures. — La formation des mauvais dépôts est souvent attribuée à un dégagement d'hydrogène sur la cathode; il semble y avoir là une confusion entre la cause et l'effet : dans l'analyse électrolytique, l'hydrogène est mis en liberté et cependant le dépôt demeure bon. La densité du courant joue évidemment un rôle important; toutefois si une densité de courant déterminée donne un bon dépôt, il est présumable qu'un bon dépôt peut aussi être obtenu avec une densité plus élevée pouvu que la circulation de l'électrolyte soit suffisamment rapide pour empêcher l'appauvrissement de la couche liquide en contact avec la cathode. Toujours, en effet, quand le dépôt devient grenu ou pulvérulent par l'emploi d'une forte densité de courant, on constate la présence d'une solution diluée au voisinage de la cathode, et cette solution conduit à la précipitation de l'oxyde ou d'un sel basique.

Puisqu'un mauvais dépôt est toujours dû à la précipitation d'un composé métallique, l'addition de toute substance capable de dissoudre rapidement ce composé dans les conditions de l'expérience doit améliorer la qualité du dépôt. La liste suivante indique les substances qu'il convient d'ajouter aux bains utilisés soit dans l'analyse électrolytique soit dans l'industrie de l'électro-déposition :

Zinc.	*Nickel.*
Acide sulfurique.	Acide sulfurique.
Potasse.	Ammoniaque.
Chlorure d'ammonium.	Sels d'ammonium.
Sulfate d'ammonium.	Cyanure de potassium.
Sulfate d'aluminium.	Bicarbonate de sodium.
Cyanure de potassium.	Bisulfite de sodium.
Oxalate acide de potassium.	
Étain.	*Cuivre.*
Acide sulfurique.	Acide sulfurique.
Potasse.	Ammoniaque.
Pyrophosphate de sodium.	Tartrates alcalins.
Carbonate de potassium.	Oxalate d'ammonium.
Tartrate acide de potassium.	Cyanure de potassium.
Cyanure de potassium.	Bisulfite de sodium.
Plomb.	*Argent.*
Acide acétique.	Acide azotique.
Potasse.	Ammoniaque.
Acide fluosilicique.	Cyanure de potassium.
Azotate de sodium.	Iodure de potassium.

Toutes les substances indiquées pour le zinc dissolvent l'hydroxyde de zinc. Les quatre premières de celles indiquées pour le nickel disssolvent l'hydroxyde; le bicarbonate de sodium sert probablement à maintenir constante l'acidité de l'électrolyte; le bisulfite de sodium n'intervient que dans les solutions contenant de l'ammoniaque libre. Toutes les substances signalées pour le plomb dissolvent l'hydroxyde. Les acides stanneux et stannique sont solubles dans les trois premiers des corps indiqués pour l'étain: le carbonate de potassium est employé seulement pour neutraliser un excès d'acide libre dans les solutions de chlorure stanneux; le cyanure et le tartrate de potassium semblent n'avoir pas grande efficacité, sauf peut-être au voisinage de l'anode. Toutes les substances indiquées pour le cuivre dissolvent l'hydroxyde, sauf le bisulfite de sodium qu'on ajoute aux solutions de cyanure pour éviter la perte de cyanogène quand le cuivre passe de l'état de composés cuivriques à l'état de composés cuivreux. L'oxyde d'argent fraîchement précipité est dissous par les quatre corps indiqués : en outre, l'ammoniaque dissout le chlorure d'argent, tandis que le cyanure et l'iodure de potassium sont des dissolvants des cyanure et iodure d'argent respectivement.

Il est bien évident que la rapidité de la dissolution du dépôt dans l'électrolyte a plus d'importance que la réelle solubilité. Ainsi, il est difficile d'obtenir un bon dépôt d'une solution de zincates alcalins à 20°, tandis que cette opération est facile à 40°, parce que la soude caustique réagit à cette température plus rapidement sur l'oxyde ou l'hydroxyde de zinc. Mais il ne s'ensuit pas qu'à plus haute température le résultat sera meilleur, car à 90° la soude réagit énergiquement sur le zinc métallique. Avec les solutions de sulfate de cuivre, on ne doit pas oublier que l'élévation de la température favorise la formation de sulfate cuivreux. Dans tous les cas une étude des réactions chimiques possibles montre la cause des difficultés.

II. L'étude des facteurs affectant la grandeur des cristaux des dépôts électrolytiques a une importance capitale. Examinons brièvement en premier lieu les conclusions auxquelles

peuvent nous conduire les connaissances que nous possédons sur les conditions de formation des précipités chimiques; nous verrons ensuite si ces conclusions sont d'accord avec la pratique.

On sait qu'une cristallisation rapide donne de petits cristaux et que pour obtenir de gros cristaux il faut une cristallisation lente. On peut donc conclure qu'un dépôt électrolytique sera d'autant plus fin qu'il sera produit plus rapidement, c'est-à-dire avec de plus grandes densités de courant. A haute température, les précipités chimiques sont plus cristallins. Si nous rendons la précipitation plus difficile, nous pouvons espérer que les cristaux diminueront de volume; par conséquent nous pouvons croire que le dépôt obtenu d'une solution diluée sera presque amorphe par rapport à celui obtenu dans les mêmes conditions d'une solution concentrée et, en généralisant, on peut dire que plus la différence de potentiel entre les électrodes sera grande, plus fin sera le dépôt. On serait tenté d'aller plus loin dans cette voie et dire que les solutions neutres donneront des dépôts plus grossiers que les solutions acides et que les agents oxydants donneront des dépôts fins et les agents réducteurs des dépôts grenus; de récentes expériences ont montré que cette généralisation n'est pas toujours exacte, et que les résultats varient suivant le métal et quelquefois selon la concentration.

Nous savons aussi que l'addition d'une substance colloïdale à une solution donne souvent un précipité sous forme colloïdale, mais que le métal ainsi précipité est rarement pur. Nous pouvons en conclure qu'en ajoutant une subtance colloïdale à l'électrolyte, on obtiendra un dépôt plus finement cristallin qui pourra devenir amorphe si la substance colloïdale se précipite en même temps, à condition toutefois que cette substance ne détruise pas entièrement le dépôt.

Voyons maintenant les résultats expérimentaux. Avec le sulfate de zinc, le zincate de sodium, le sulfate de cuivre, le nitrate d'argent et le chlorure stanneux, on obtient des cristaux d'autant plus petits que la densité du courant augmente. Les solutions de nitrate d'argent sont particulièrement intéressantes. Au Congrès de Saint-Louis, on prétendit qu'il était impossible d'obtenir de l'argent à grain fin d'une solution de nitrate, quelque grande que fût la densité de courant. Des essais faits par l'auteur ne permirent pas, tout d'abord, d'observer l'effet dû à la densité du courant. Or, puisqu'un sel d'argent formé à l'anode augmente le poids du dépôt à la cathode, on pouvait penser que ce même sel affecterait la structure cristalline du métal. L'expérience fut reprise en employant une cloison poreuse pour séparer la solution de l'anode de celle de la cathode et l'auteur obtint ainsi de très petits cristaux avec de hautes densités de courant. Au régime de 20 ampères-heures par décimètre carré, le dépôt pouvait être brillant.

Avec les solutions acides de sulfate de zinc, le dépôt électrolytique devient plus grossier en même temps que la température s'élève de 20° à 40° et à 70°. En employant une solution de sulfate de zinc à peine acide, le dépôt est plus grossier à 70° qu'à 40°; mais à 20° il est plus grossier qu'à l'une des deux autres températures. L'auteur pense qu'à 20° la légère acidité n'a pas d'effet appréciable sur le dépôt et qu'au contraire l'influence devient notable à 40°.

L'effet dû à la concentration est conforme à la théorie. Avec les solutions de sulfate de zinc, de zincate de sodium, de sulfate de cuivre et de nitrate d'argent, on obtient des cristaux plus petits avec des solutions concentrées qu'avec des solutions étendues. Les solutions de sulfate de zinc donnent des dépôts plus grenus que celles de zincate de sodium. L'argent et le cuivre précipitent bien des solutions de cyanures. L'azotate d'argent en solution pyridique donne un dépôt plus fin qu'en solution aqueuse. On obtient des cristaux beaucoup plus petits d'une solution de stannate de sodium que de celle de chlorure stanneux.

L'addition d'acide sulfurique à une solution neutre de sulfate de cuivre rend le dépôt électrolytique beaucoup plus fin. L'auteur n'a pas observé d'effet analogue avec d'autres métaux et il en conclut que c'est là un caractère du cuivre qui est peut être lié à la présence du sulfate cuivreux dans la solution neutre; néanmoins ce point ne peut être considéré comme définitivement expliqué. L'addition de formaldéhyde rend plus fin le métal déposé des solutions de sulfate de zinc et plus grossier celui de zincates. Ce même produit améliore le dépôt de cuivre des solutions de sulfate. En ajoutant une assez grande quantité d'acide azotique à ce dernier électrolyte, on obtient des cristaux plus fins que ceux provenant d'une solution neutre, mais plus gros que ceux déposés d'une solution acidifiée légèrement à l'acide sulfurique. Un excès d'acide azotique ajouté à une solution d'azotate d'argent rend le dépôt plus grossier à haute densité de courant et plus fin à basse densité.

Pour revenir à la question des substances colloïdales, rappelons que l'addition de glu à une solution de fluosilicate de plomb améliore énormément la qualité du dépôt. L'auteur a employé comme proportion 65 centigrammes de glu par litre. Dans ces conditions, la structure cristalline du zinc, du cuivre et de l'étain était beacoup plus fine. Avec les solutions de nitrate d'argent, on obtenait un dépôt violet qui paraît être de l'argent amorphe. L'auteur croit voir dans ce phénomène l'explication des dépôts « brillants » qui sont évidemment constitués par des cristaux si petits que le dépôt est pratiquement amorphe. L'auteur n'a pas analysé l'argent déposé dans ces conditions; il croit qu'il n'est pas pur. Le bisulfure de carbone est souvent ajouté à une solution de cyanure d'argent pour obtenir le dépôt brillant; on trouve alors du soufre dans le dépôt et, s'il y a excès de bisulfure, le dépôt devient noir; cette couleur est ordinairement attribuée au sulfure d'argent, mais la couleur violette observée plus haut paraît être le résultat de la précipitation d'un argent colloïdal violet. D'après Jordis, les dépôts brillants de quelques métaux peuvent être obtenus par l'électrolyse des lactates. Or puisque le métal déposé d'une solution d'un sel organique peut aisément contenir du carbone, il peut très bien y avoir relation intime entre les deux faits.

Beaucoup d'observateurs ont remarqué qu'un dépôt brillant peut être obtenu par la rotation de la cathode et l'emploi d'une grande densité de courant. Pour déterminer à laquelle de ces deux causes doit être attribué le résultat observé, M. Snowdon a fait une série d'essais en employant une cathode rotative dans un électrolyte formé d'une solution de cyanure d'argent. La densité du courant et la vitesse de rotation ayant été réglées pour obtenir le dépôt brillant, on maintint la vitesse constante tandis qu'on augmentait la densité du courant. Puisqu'une augmentation de la densité de courant a pour effet de diminuer la dimension des cristaux métalliques déposés, le dépôt devrait devenir plus brillant. En fait, le dépôt obtenu était distinctement moiré. La seule explication de ce résultat est qu'au moment de la précipitation il y a polissage par friction des surfaces. Si on dépose dans l'unité de temps plus de métal, ce métal est moiré.

III. On a remarqué que la présence des sels de cadmium, de fer, de plomb et de cuivre entrave la précipitation des sels de zinc. L'explication de ce phénomène est simple; ces métaux se précipitent avant le zinc et produisent une action locale qui oxyde le zinc et rend le dépôt mauvais. Cette action locale peut produire des troubles dans d'autres cas. Lorsqu'on veut déposer un métal précieux sur un métal inférieur, on emploie habituellement un bain dans lequel la différence de potentiel n'est pas très élevée, de façon à réduire au minimum toute précipitation non électrolytique. Lorqu'il s'agit de déposer un métal moins noble sur un plus noble, nous ne nous préoccupons jamais de la formation possible

d'un couple et nous avons souvent des surprises désagréables. Ainsi, le zinc, qui précipite bien sur une cathode de zinc, se déposera mal sur une cathode de cuivre à cause du dégagement d'hydrogène. La difficulté de précipiter le zinc avec de faibles densités de courant est due principalement à l'action locale de la cathode. Pour la même cause, il serait probablement plus difficile de déposer, par exemple, du lithium sur une électrode de platine que sur une électrode de fer.

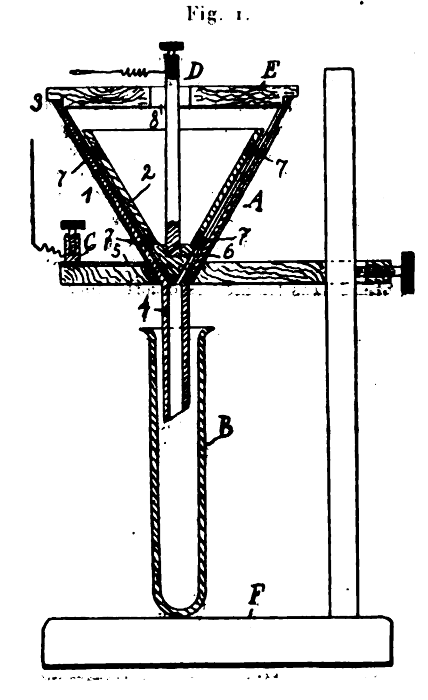
IV. L'adhérence du dépôt n'a pas moins d'importance. On a prétendu qu'on ne pourrait obtenir de dépôt adhérent qu'à condition que les deux métaux puissent se combiner. Cette affirmation ne semble pas d'accord avec les faits. L'adhérence d'un dépôt électrolytique idéal devra approcher de la résistance d'un métal fondu ayant des cristaux de mêmes dimensions. La présence de graisse, de bulles d'air ou l'occlusion de la solution électrolytique, donneront lieu à une mauvaise adhérence. Si le métal est déposé dans un état de tension, une rupture de la couche pourra se produire; c'est là un fait bien connu dans les ateliers de moulage et qui trouve son application dans les usines électrolytiques. Beaucoup d'ouvrages de galvanoplastie prétendent que le nickel ne peut être nickelé parce que le dépôt ne serait pas adhérent; c'est évidemment une absurdité, autrement il ne serait possible d'obtenir qu'une couche de nickel d'épaisseur infinitésimale sur un métal quelconque. Bien qu'il faille une plus grande tension pour déposer le nickel que pour déposer le cuivre, le nickel ne précipite pas le cuivre d'une façon appréciable quand on le plonge dans une solution de sulfate de cuivre : le nickel devient passif probablement par suite de la formation d'une couche très mince d'oxyde. Cette passivité du nickel donne l'explication de l'impossibilité de nickeler le nickel et l'on peut dire : le nickel actif contenant de l'hydrogène ne peut adhérer au nickel passif. En prenant une électrode de nickel comme cathode dans un bain acide pendant quelques minutes, et la portant ensuite dans un bain de nickelage, M. Snowdon a pu obtenir un beau dépôt bien adhérent.

Nouveautés relatives à la production électrique de l'ozone, par O. Kausch (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XII, p. 69 et 91, juillet et août 1905). — L'auteur passe en revue les brevets récents sur cette question.

Strong a construit un appareil qui produit de l'ozone de concentration plus élevée que celle jusqu'ici obtenue (brevet anglais 15467, de 1900). Cet appareil est basé sur cette observation que la transformation de l'oxygène en ozone est accompagnée d'une diminution du volume gazeux et d'une élévation du poids spécifique. La figure 1 montre le dispositif employé; A est le générateur avec les électrodes 1 et 2 disposées concentriquement. A la partie supérieure se trouve une ouverture pour l'arrivée de l'air atmosphérique; à la partie inférieure, une tubulure 4 laisse écouler l'ozone dans un vase B. Dès que l'air enfermé dans l'appareil est transformé en ozone, celui-ci descend dans le tube B pendant que l'air atmosphérique entre par l'ouverture 3. L'appareil est en verre; l'électrode extérieure est une feuille d'étain communiquant à la borne C; l'électrode 2 consiste en un cône métallique creux muni d'une douille 6 reliée à la borne D; des chevilles 7 en ébonite sont disposées sur cette dernière électrode. L'appareil est fermé par un couvercle E possédant une ouverture 8.

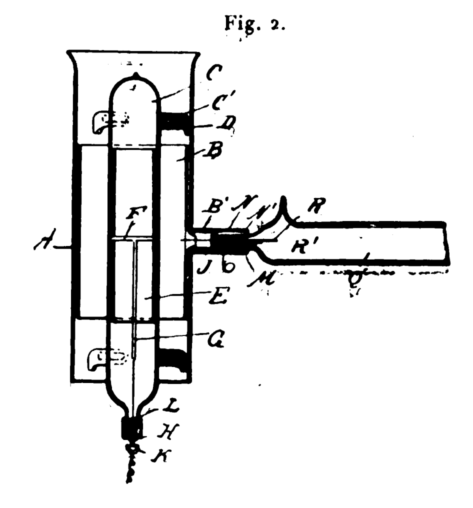
G.-L. Courtis a également construit un ozonateur simple représenté en figure 2 (brevet américain 727101). A est un cylindre en verre ouvert à la partie supérieure et dont le bord est disposé de façon à pouvoir être introduit dans la bouche d'une personne dans le cas des inhalations d'ozone. Intérieurement, ce cylindre est garni d'un fourreau métallique B dont une partie, sur le côté, pénètre dans le tube B'. A l'intérieur du cylindre de verre est monté le tube d'évacuation C dont les parties C' reposent dans des semelles en caoutchouc. Une partie de ce tube C est munie d'un fourreau métallique E relié au conducteur F prolongé lui-même

Fig. 1.



par le fil conducteur G aboutissant au chapeau H que le fil K met en communication avec la source à haute tension. Dans la tubulure B' se trouve un chapeau N en métal dont

Fig. 2.

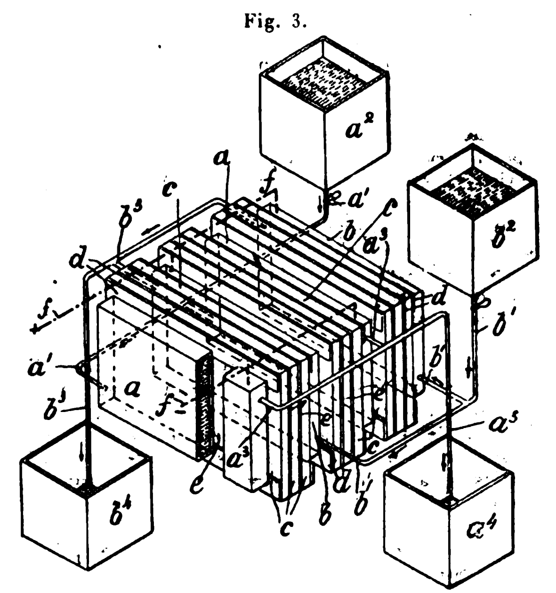


la surface interne est munie d'un pas de vis N' recevant le chapeau M fixé sur la garniture O d'un tube de Geissler Q dans lequel on a fait le vide et qui sert de poignée à l'appareil. Le fil conducteur R traverse le tube et passe aminci au milieu de la tubulure B'. L'appareil travaille de la façon suivante : le courant de haute tension arrivant par H produit un courant d'induction dans le tube de verre extérieur et dans le tube de Geissler. Par suite des décharges, l'oxygène de l'air renfermé dans le tube de verre se transforme en ozone. La décharge se fait à travers la main de la per-

sonne qui tient le tube de Geissler et qui est en communication avec la terre.

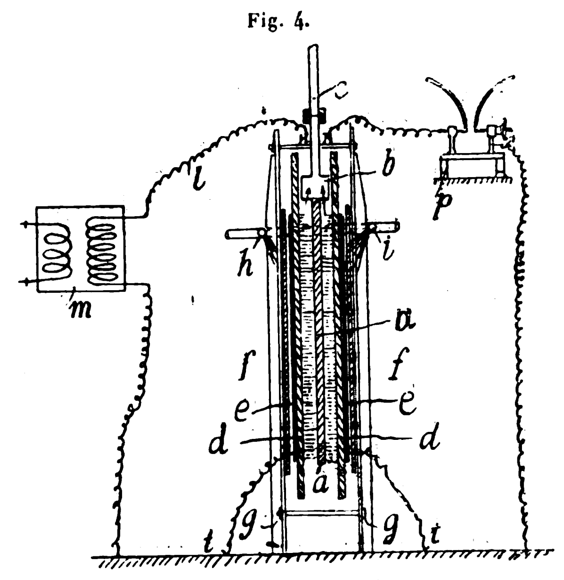
Jarnold a perfectionné son appareil primitif (brevet anglais 2629 de 1899) de la manière suivante (brevet anglais 19393, de 1900) : *a* et *b* (*fig.* 3) sont les séries d'électrodes

Fig. 3.



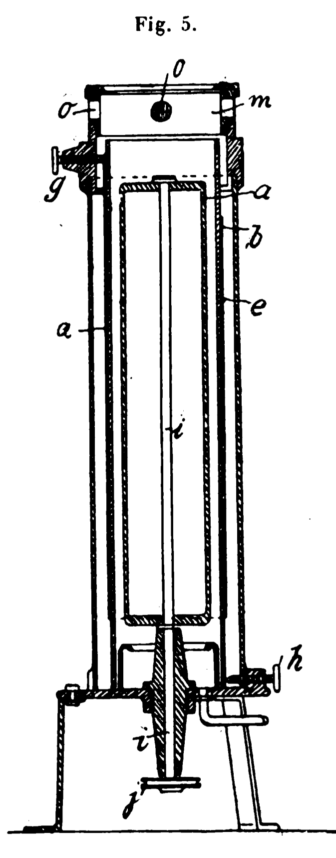
creuses qui sont séparées par les diélectriques *c* en mica, par exemple; ces diélectriques sont divisés par couches *d* de façon à former des canaux *e* pour les gaz. Les électrodes sont reliées par *ff* à la source. Les électrodes négatives *a* sont, en outre, reliées par un tube a_1 au réservoir a_2 isolé de la terre. Après circulation, ce liquide retourne au réservoir a_4 par le tube a_3. Une disposition analogue est adoptée pour les électrodes positives *b*. On évite ainsi l'échauffement sans arrêter le fonctionnement.

Fig. 4.



L'ozonateur Marius Otto est représenté en figure 4, d'après le brevet anglais 11128, de 1903. Une plaque de fer *a* est munie à son extrémité supérieure d'une chambre à air *b* et d'un tube de départ *c*. Cette plaque est suspendue entre les deux plaques de verre *d* écartées par des pièces isolantes et recouvertes sur leurs faces extérieures d'un dépôt métallique *e* ainsi que d'une couche de feutre *f*. Le tout repose sur le support métallique *g*. Par les tubes *h* et *i*, le feutre *f* est constamment arrosé d'eau. Les deux électrodes extérieures sont reliées à la terre par *t*; mais la plaque métallique *a* est isolée et reliée par *l* au pôle d'un transformateur *m* dont l'autre pôle est à la terre. Les décharges électriques éclatent entre la plaque *a* et les diélectriques *d*. Un parafoudre *p* protège l'appareil lorsque le potentiel peut devenir dangereux.

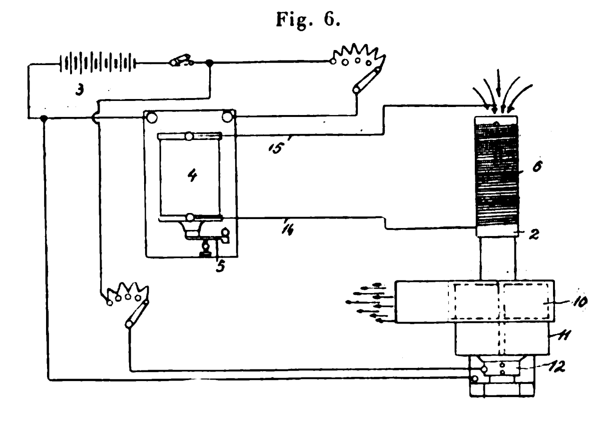
Fig. 5.



Un autre ozonateur du même auteur est représenté en figure 5 d'après le brevet anglais 11129, de 1903. Il est disposé de façon à produire de petites quantités d'ozone à l'aide de courants de faible fréquence. Un cylindre métallique *a*, qui peut être entouré d'un diélectrique, est séparé en plusieurs parties et tourne autour de l'axe vertical *i* actionné par la poulie *j*. Ce cylindre communique par la borne *h* avec l'un des pôles d'un transformateur à haute tension. Un tube de verre mince *b*, recouvert extérieurement d'un dépôt conducteur *e*, est divisé en plusieurs parties, soigneusement isolé, et en communication par la borne *g* avec l'autre pôle du transformateur. L'air aspiré par un ventilateur arrive par les ouvertures *o* du couvercle *m*. Les décharges éclatent dans l'intervalle des deux électrodes *a* et *e*.

L'appareil de Blackmarr et Wilford (brevets américains

Fig. 6.

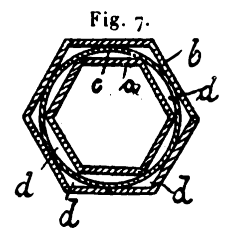


743431, 743432 et 743433), représenté en figure 6, se com-



pose d'un tube de verre 2, ouvert à ses deux extrémités, sur la surface extérieure duquel est enroulé un fil métallique. Sur la surface intérieure de ce tube sont disposés d'autres fils conducteurs dans le sens longitudinal. Ces deux fils sont en communication avec les deux pôles de la bobine d'induction 4 et les décharges éclatent à travers le verre du tube. Un ventilateur 10, dans la boîte 11, aspire l'air qui, passant dans le champ des décharges obscures, donne de l'ozone. Ce ventilateur est actionné par le moteur 12 qui reçoit son courant de la batterie 3 comme l'interrupteur 5. En fermant complètement ou partiellement l'extrémité inférieure du tube, l'air ou l'oxygène se trouve comprimé et le rendement en ozone est augmenté.

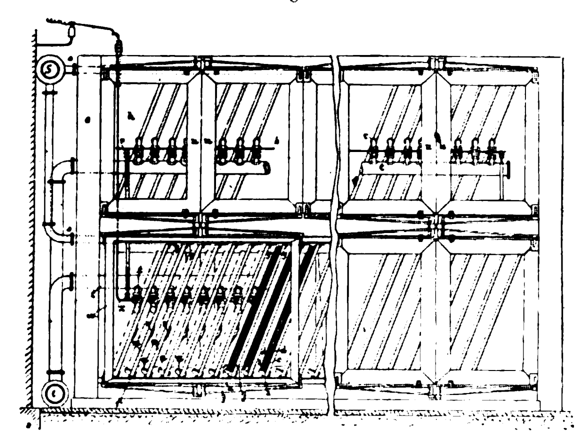
Fig. 7.



Dans l'appareil de Déchaux (brevet français 335093), chaque ozonateur comprend trois tubes dont deux en métal et un en verre; ces trois tubes rentrent à frottement les uns dans les autres. Les deux tubes métalliques *a* et *b* (*fig.* 7) ont, par exemple, une forme polygonale; entre les deux vient se placer le cylindre en verre *c* qui dépasse les premiers aux deux extrémités de façon à éviter les décharges directes.

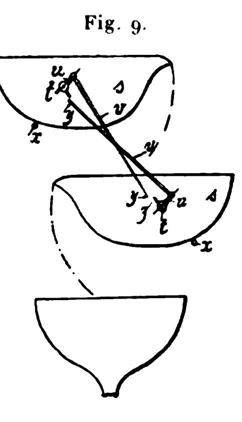
Les tubes métalliques communiquent avec les deux pôles de la source électrique et l'ozone se produit dans les espaces *d*. Le tube métallique *a*, fermé des deux côtés, est refroidi à l'aide d'un courant liquide entrant par un tube court et sortant par un tube plus long, qui va jusqu'à l'extrémité opposée du tube *a*. Comme il est représenté en figure 8,

Fig. 8.



on réunit une série d'ozonateurs dans une caisse *i* complètement fermée, ces ozonateurs débouchant dans les deux compartiments *j* et *k*. A la partie supérieure de la caisse *i* se trouve un grand nombre de petits tubes métalliques *n* débouchant en *l* et en *m*. Sur ces tubes coule le liquide de refroidissement venant d'un réservoir supérieur dont le fond est muni de perforations *n'*. Le liquide de refroidissement parcourt les ozonateurs à l'aide des tubes *p* et *q*; une partie de ce liquide coule du réservoir supérieur sur les tubes *n*. Afin d'éviter qu'il n'y ait communication entre les deux pôles par l'intermédiaire du liquide, on fait usage du dispositif représenté en figure 9. Les deux récipients *ss* sont isolés l'un de l'autre; leurs axes *tt* sont fixés à un support en verre. Les manivelles et les bielles *vv* prennent part au mouvement des récipients. Quand ces derniers sont vides, ils reposent sur les supports *xx*, car leur partie postérieure est plus lourde que la partie antérieure. Les bielles isolées par des supports en verre glissent sur les points fixes extérieurs *yy*. Si l'on remplit (à l'aide d'une pompe) le récipient supérieur, celui-ci bascule, et son contenu coule dans le récipient inférieur. Mais, en même temps, la bielle *v* s'abaissant, arrête le doigt *z*, ce qui empêche le récipient inférieur de basculer. Ce mouvement ne peut s'effectuer que lorsque, le récipient supérieur étant vidé, il revient à sa position primitive. A son tour, par le même mécanisme, le récipient inférieur se vidant empêchera celui du haut de basculer. La même disposition est adoptée pour le retour du liquide à la machine à glace.

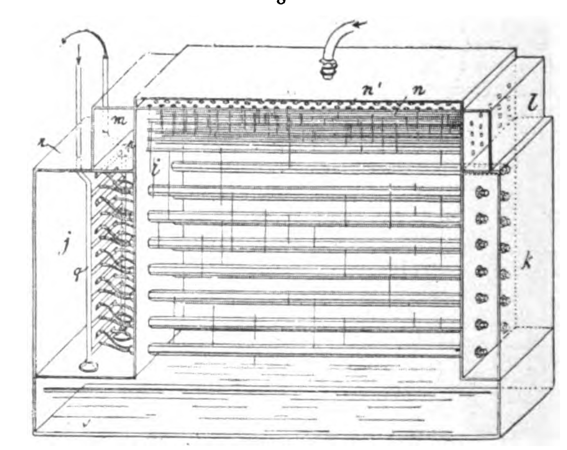
Fig. 9.



Pour sécher l'air, on le fait d'abord passer dans l'acide sulfurique concentré puis dans le carbonate de potasse. Il arrive ainsi au compartiment *l*, traverse les tubes réfrigérants *n* et, de la caisse à air *j*, pénètre dans les ozonateurs. Il ressort enfin chargé d'ozone dans la caisse à ozone *k*. Un des pôles de la machine électrique est relié au support des tubes à ozone et l'autre pôle aux conduites *p* et *q* du liquide réfrigérant.

Le dispositif qui fait l'objet du certificat d'addition du 27 avril 1904 au brevet 332033 de la Compagnie française de l'Ozone (système Otto) est représenté en figure 10. L'appareil consiste en un récipient divisé en compartiments qui reçoivent les ozonateurs.

Fig. 10.



Ceux-ci comprennent une électrode métallique *a* placée entre deux plaques de verre *b* dont les côtés extérieurs sont recouverts d'un dépôt conducteur *d* relié à la terre. Les deux plaques de verre sont maintenues écartées de l'électrode métallique par des chevilles isolantes *g*. Le récipient est parallélépipédique et construit en bois et fer avec une paroi double en verre *h*. Les ozonateurs sont disposés dans les deux étages. Chacun de ces ozonateurs repose sur un cadre *m* et une saillie *n*. Les cadres reposent eux-mêmes sur des appuis *p* et *q* et sont munis de poignées *r*. Les tubes *s* amènent l'air froid et les tubes *t* reçoivent l'air ozonisé. La paroi de verre *h* est formée de portes fermant hermétiquement. Le courant électrique arrive par les conducteurs *v* et *x* soi-

gneusement isolés et est distribué de là aux électrodes métalliques des ozonateurs.

L'appareil est enfin complété par un générateur d'air froid qui travaille avec l'air liquide.

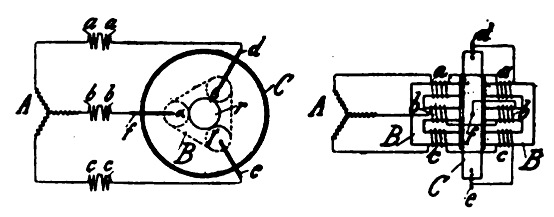
Le système A. Vosmaer, de la firme Ozon Maatschappij à Amsterdam (brevet autrichien 14648, brevet anglais 6642, de 1902), favorise la production de décharges obscures et évite la formation d'arcs voltaïques et d'étincelles. Il est basé, d'une part, sur ce principe que lorsqu'un condensateur est branché en dérivation sur le circuit secondaire du transformateur, il ne se produit pas d'arcs voltaïques. Mais, dans ce cas, les décharges obscures sont accompagnées de la formation d'étincelles en plus ou moins grand nombre. D'autre part, l'inventeur a constaté que la présence de ce condensateur a pour effet de donner une tension secondaire plus élevée. Cette élévation est, par conséquent, plus grande que celle calculée d'après le rapport des enroulements primaire et secondaire, elle dépend aussi du rapport entre le courant traversant le circuit du condensateur et le courant passant dans l'ozonateur. De ces actions, dues au condensateur, on conclut que la production des décharges obscures doit être favorisée par cette élévation du rapport entre la tension primaire et la tension secondaire, et que les résultats doivent être d'autant plus favorables que cette surélévation est grande. Comme le rapport de transformation devient maximum lorsqu'il y a résonance, on dispose dans le circuit de l'ozonateur, outre un condensateur, une bobine de self-induction. C'est un fait connu que l'on peut obtenir de hautes tensions par un tel dispositif; cependant, il est impossible sans diélectrique de dépasser la tension qui correspond à la distance explosive sans obtenir d'étincelles; ainsi, pour la distance de 13^{mm}, on ne peut pas dépasser la tension de 9500 volts. Avec cette tension, par les procédés ordinaires qui ne comportent ni condensateur ni bobine, les étincelles n'éclatent pas isolées, mais par séries qui se transforment rapidement en arcs électriques. Si, au lieu de cela, on emploie cette même tension avec un condensateur et une bobine, il ne se produit que des étincelles isolées qui, jamais, ne passent à l'état d'arcs électriques.

Fig. 11.

La figure 11 représente le schéma de la disposition : 1 est le primaire et 2 le secondaire du transformateur. En 3 et 4 on relie l'ozonateur qui ne possède aucun diélectrique entre ses électrodes. 5 est le condensateur et 6 la bobine de self-induction. On règle ce condensateur et cette bobine de façon à avoir la plus grande élévation de tension possible tout en assurant l'existence des décharges obscures. Les seules séries d'étincelles capables de se former n'ont pas une durée d'une seconde.

L. Jumau.

Four pour la réaction des corps gazeux. Badische Anilin und Soda Fabrik (Brevet français 348791, *Industrie électrochimique*, t. IX, p. 66, sept. 1905). — Ce brevet revendique l'utilisation du champ magnétique développé dans les bobines de réactance intercalées dans le circuit pour souffler l'arc et lui donner ainsi un développement qui favorise la rapidité des réactions. En disposant les noyaux de fer de ces bobines autour de la chambre de réaction de telle sorte que le champ magnétique produit soit sensiblement perpendiculaire à la direction de l'arc, celui-ci se déploie en forme d'éventail; si l'on utilise des courants triphasés on peut en outre donner à l'arc un mouvement de rotation. Le brevet contient plusieurs figures indiquant divers dispositifs permettant d'appliquer le principe de l'invention. Les figures ci-dessous se rapportent au cas de courants triphasés : A est



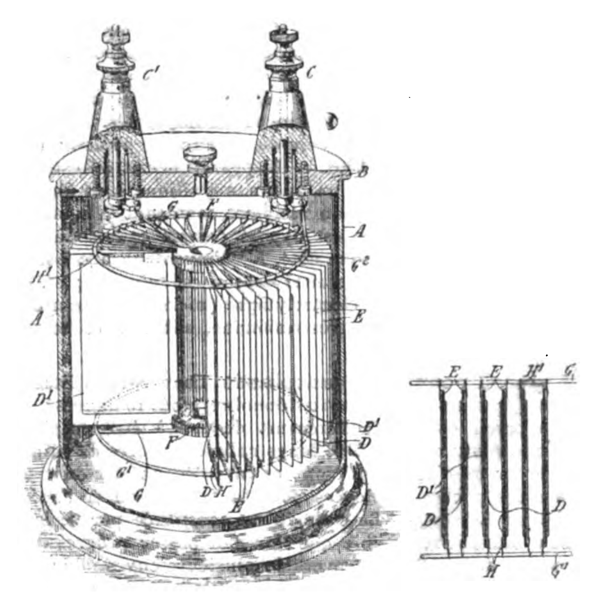
l'alternateur ou le transformateur alimentant les arcs; B les fers des bobines *aa*, *bb*, *cc*; C la chambre de réaction où les arcs α, β, γ jaillissent entre les électrodes *d*, *e*, *f* et une électrode commune *r*.

Méthode et appareil pour décaper des surfaces métalliques, Thomas-Alva Edison (Brevet français 348747 du 10 décembre 1904; 1 figure). — Cette invention est particulièrement applicable aux bandes en tôle de fer mince destinées à être nickelées puis employées dans la construction des accumulateurs alcalins. — Cette méthode de décapage consiste à opposer l'objet à décaper comme cathode, dans un bain électrolytique, à une anode qui n'est pas attaquée par électrolyse. L'hydrogène se dégageant sur les surfaces à décaper en arrache mécaniquement les impuretés. La solution employée est de préférence du cyanure de potassium et les anodes sont en graphite. — L'appareil décrit ici est une application du procédé à un ruban métallique sans fin qui passe sur des galets dans un récipient contenant la solution et dans lequel ce ruban est opposé comme cathode à des anodes disposées de chaque côté. — L'inventeur a constaté qu'en pratique le décapage ainsi obtenu est très complet, de telle sorte que le dépôt électrolytique (nickel par exemple) dont on le recouvre est très uniforme, adhérent et homogène.

Appareil pour la galvanoplastie, Thomas-Alva Edison (Brevet français 349142 du 10 décembre 1904; 13 figures). — Cet appareil est particulièrement destiné à être employé pour recouvrir de nickel de longs rubans perforés en mince tôle de fer ou d'acier, qui sont ensuite découpés et dont on forme des poches employées pour la fabrication de l'accumulateur Edison. — La cathode est constituée par ce long ruban métallique flexible que l'on fait passer progressivement sur des galets au travers de plusieurs cuves pour décaper d'abord le ruban, déposer ensuite dessus une couverture métallique et laver enfin ledit ruban. Des moyens sont prévus pour faire passer un courant électrique au travers d'une section du ruban, après qu'il a été recouvert et lavé, dans le but de le sécher, et ces moyens sont ajustables de manière à régler la longueur de la partie du ruban ainsi traitée. Les galets employés pour supporter le ruban et la chambre au travers de laquelle le ruban passe après décapage sont supportés par une poutrelle, qui est susceptible d'être élevée et abaissée de manière à immerger le ruban dans le bain galvanoplastique ou à le retirer complètement de la cuve, à volonté. La poutrelle de support porte un mécanisme de déplacement progressif du ruban, commandé par un moteur également monté sur la poutrelle. Le mécanisme de déplacement du ruban comprend une connexion à friction pour permettre au mécanisme de commande de céder et empêcher la rupture du ruban. Les galets, qui sont normalement immergés dans la cuve contenant le bain galvanoplastique, sont supportés par des tiges formées ou recouvertes de matière inerte, et le ruban est guidé ou maintenu sur ses galets de support au moyen de guides qui s'étendent transversalement à la direction du mouvement du ruban.

MESURES ET ESSAIS.

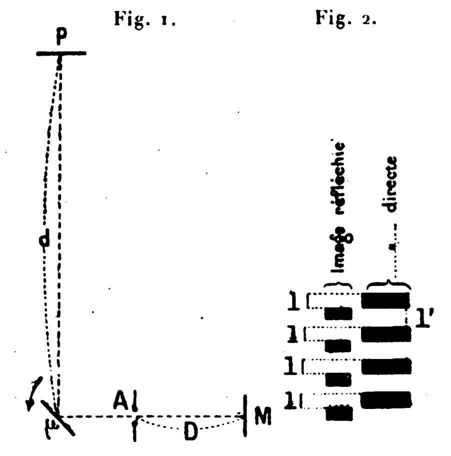
Condensateur-étalon Rymer Jones (*Electrical Review*, t. LVI, p. 1043, 30 juin). — Le procédé généralement employé pour construire un condensateur étalon consiste à disposer alternativement l'une sur l'autre des feuilles d'étain et de mica en intercalant entre elles de la paraffine chaude; le bloc ainsi formé est ensuite soumis à une pression énergique qui chasse l'excès de paraffine; les languettes des feuilles d'étain de rang impair sont soudées ensemble; de même pour les languettes des feuilles de rang pair; le condensateur est enfin placé entre deux plaques de laiton que relient des vis et le tout est disposé dans une boîte que l'on achève de remplir avec de la paraffine fondue. Par suite de ce mode de construction, les dilatations et contractions dues aux variations de température produisent des variations de pression, lesquelles donnent lieu à des variations de la capacité. Pour éviter cet inconvénient, capital dans un instrument étalon, M. Rymer Jones emploie le mode de construction indiqué par les figures ci-après. Chaque élément est constitué



par une lame de mica E et deux feuilles d'étain DD' collées à l'aide de gomme laque. Les divers éléments sont disposés en éventail autour d'un cylindre F en ébonite muni de rainures longitudinales où les éléments sont fixés à l'aide de gomme laque; deux gros fils métalliques circulaires G et G' maintiennent en outre la position des éléments. Ces fils servent en même temps de conducteurs auxquels les armatures de chaque élément sont connectées par des fils H, H'; on remarquera sur la petite figure de droite que ces connexions sont telles que les armatures en regard de deux éléments consécutifs sont au même potentiel, de manière que la distance entre ces armatures ne joue aucun rôle dans la capacité du condensateur. Les fils circulaires G et G' sont respectivement mis en communication avec les bornes C et C' au moyen de gros cordons souples qui maintiennent l'ensemble du condensateur suspendu dans sa boîte A, rendant ainsi son isolement meilleur. — Malgré ces précautions les variations de température ont encore une légère influence sur la capacité, mais cette influence est régulière et il est possible, en faisant des mesures à diverses températures, de dresser une table de correction. D'ailleurs, comme les éléments sont très minces et de très grande surface, un thermomètre introduit dans l'enveloppe donne la température de ces éléments avec une grande précision.

Méthode pour la mesure de la période de l'étincelle oscillante, par A. TURPAIN (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 422, 28 août 1905). — L'étincelle à étudier est produite en A, entre un miroir fixe M et un miroir μ tournant autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure (*fig.* 1). Les rayons lumineux qui suivent le chemin AμP et ceux qui, réfléchis sur les deux miroirs, suivent le chemin AMμP, donnent, au moyen d'un système de lentilles, non représenté sur la figure, des images de la source lumineuse sur la plaque photographique P. Si le miroir μ est en repos, les deux images se superposent; si le miroir tourne, les images données par les deux séries de rayons partis de la source à un même instant sont décalées d'une certaine longueur l qui correspond à l'angle dont le miroir a tourné pendant le temps que la lumière a mis à parcourir le chemin AMA = 2D; cet écart l a pour valeur $\frac{2\pi N d \times 2D}{V}$, N étant le nombre de tours du miroir par seconde, V la vitesse de la lumière, D et d les distances indiquées sur la figure. Si le phénomène lumineux produit en A est intermittent, comme c'est le cas avec une étincelle oscillante, chaque image se composera de bandes éclairées séparées par des bandes obscures (*fig.* 2); en appe-

Fig. 1. Fig. 2.



lant l' la distance qui sépare deux maxima consécutifs de l'image directe (celle qui provient des rayons non réfléchis sur M), on a pour cette distance $l' = 2\pi N d \times \frac{T}{2}$, T désignant la période de l'étincelle; on peut donc calculer cette période, N étant déterminé par la mesure de l. Cette méthode, applicable à l'étude de tout phénomène lumineux d'intensité variable avec le temps, a été utilisée par M. Turpain dans des recherches sur l'étincelle hertzienne d'un excitateur et d'un résonnateur, recherches dont les résultats seront publiés ultérieurement.

Sur la méthode de Billitzer pour la détermination des différences de potentiel absolues, par H.-M. GOODWIN et R.-B. SOSMAN (*Physical Review*, t. XXI, p. 129-147, sept. 1905). — Dans un Mémoire publié en 1903 dans les *Drude's Annalen* (t. XI, p. 902-937), J. Billitzer décrivait trois procédés pour déterminer la différence de potentiel absolue entre un métal et un liquide; les résultats obtenus par ces trois procédés concordaient entre eux mais présentaient un désaccord assez grand avec les résulats généralement acceptés jusqu'alors : en particulier le potentiel absolu d'une électrode normale de calomel était de 0,74 volt au-dessus de la valeur ordinairement adoptée. Pour expliquer ces différences Billitzer proposait de modifier la théorie de la couche

double de Helmholtz en admettant que les charges opposées de cette couche ont des valeurs inégales. — Le principe des trois procédés est le suivant : Lorsqu'une petite sphère métallique est suspendue dans un électrolyte, elle doit prendre, d'après la théorie de Helmholtz, une charge positive ou négative dont la grandeur dépend de la pression de solution du métal (Nernst) et de la concentration des ions de ce métal dans la solution. Si donc on crée un champ électrique en plongeant de part et d'autre de la sphère deux électrodes reliées aux deux pôles d'une source, la sphère doit, suivant la nature de la charge, être déplacée vers l'électrode positive ou l'électrode négative; et si, pour éviter les phénomènes électrostatiques dus à une dissymétrie de position de la sphère par rapport aux électrodes, on crée entre celles-ci une différence de potentiel alternative, la sphère ne restera en repos que s'il n'y a pas de couche double; en d'autres termes, que si la sphère métallique est au même potentiel que l'électrolyte. On a donc ainsi un moyen de reconnaître qu'un métal est au même potentiel que la solution dans laquelle il est plongé; par conséquent une électrode auxiliaire du même métal et plongée dans le même liquide peut être prise comme électrode à potentiel nul et une telle électrode peut être utilisée comme référence pour déterminer la différence de potentiel absolue entre une électrode quelconque et une solution dans laquelle elle est plongée. Ce qui vient d'être dit étant applicable aussi bien à une particule métallique libre de se mouvoir dans la solution, et d'autre part, le principe de réversibilité pouvant être admis, trois procédés peuvent être utilisés pour reconnaître la disparition de la couche double : 1° Observer la déviation d'une petite sphère fondue à l'extrémité d'un fil fin de quartz et suspendue dans le liquide; 2° observer la direction de migration d'une substance colloïdale métallique en suspension; 3° observer la différence de potentiel produite entre les extrémités d'une colonne liquide dans laquelle on fait tomber une petite sphère métallique. — Les résultats obtenus par Billitzer au moyen du second procédé ont été réfutés par J.-C. Blake dans une étude sur les colloïdes (*Am. Journ. chem. Soc.*, t. XXVI, p. 1378). Les auteurs, Goodwin et Sosman, ont répété les expériences faites par le premier procédé et ce sont les résultats de ces expériences qu'ils exposent longuement dans le Mémoire qui nous occupe. Or ces résultats ne concordent nullement avec ceux de Billitzer. Aussi les auteurs concluent-ils au rejet de ces derniers. Ils font toutefois remarquer que, pendant le cours de leurs travaux, Billitzer a publié deux Mémoires (*Zeits. f. phys. Chem.*, t. XLVIII, p. 513 et 542, 1904) dans lesquels il donne de nouveaux résultats, obtenus par deux autres procédés, et qui confirment approximativement ses résultats antérieurs. La question, d'une assez grande importance théorique, ne paraît donc pas encore résolue.

Mesure de la variation de la vitesse angulaire des alternateurs par les battements sonores (*Revue technique*, t. XXVI, p. 529, 10 juillet 1905). — Avec le concours d'un accordeur, le commandant Audebrand a reconnu que le son donné par les transformateurs établis à Grenoble est compris entre sol♯$_{-1}$ et sol$_{-1}$, et plus rapproché de la première note que de la seconde, le nombre des battements avec le sol♯$_{-1}$ étant un peu plus petit qu'avec le sol$_{-1}$. Or, ce résultat acoustique concorde très exactement avec celui qu'on peut déduire du calcul. En effet, la fréquence du courant étant de 50, le nombre des vibrations doubles par seconde du son rendu par les transformateurs doit être également de 50. Mais l'ut de la première gamme correspond à 65,25 vibrations par seconde en prenant 435 vibrations doubles pour le la^3; d'autre part, les valeurs connues des intervalles de la gamme permettent de trouver 48,93 et 50,96 pour les nombres de vibrations des notes sol et sol♯ de la gamme inférieure. Le son de fréquence 50 donné par les transformateurs est donc bien compris entre ces deux notes et plus rapproché de la dernière que de la première. — Cette concordance du calcul et de l'expérience directe suggère à M. Audebrand l'idée de se servir des battements entre le son d'un diapason et celui d'un transformateur pour reconnaître les variations de la vitesse angulaire de l'alternateur qui alimente ce dernier, quelque éloignée que soit l'usine génératrice. Pour mettre en évidence la sensibilité du procédé, M. Audebrand suppose que dans l'installation de Grenoble le nombre des battements avec sol♯$_{-1}$ vienne à être de 2,5 par seconde, nombre facile à évaluer avec précision; ceci correspond à une fréquence de 49,7 du courant. Si p est le nombre de paires de pôles de l'alternateur, $\frac{p}{2}$ est le nombre de périodes du courant par tour du rotor, et si celui-ci fait N t:sec, la fréquence du courant est $\frac{2}{pN}$; donc en appelant T la durée de la période on a

$$TpN = 2, \qquad \text{d'où} \qquad \Delta N = -\frac{pT^2}{2}\Delta T.$$

Or, dans l'installation envisagée,

$$p = 3, \qquad N = 24 \text{ t:sec}, \qquad \text{et} \qquad T = \frac{1}{50};$$

une fréquence de 49,7 correspondra donc à une variation

$$\Delta N = -\frac{2 \times 50^2}{3}\left(\frac{1}{50} - \frac{1}{49,7}\right) = 0,206 \text{ t:sec} = 12,36 \text{ t:min}.$$

Cette variation est de 0,85 pour 100; elle est plus faible que la variation dont on se contente généralement en pratique, laquelle est de 1 à 2 pour 100. Le procédé indiqué est donc plus sensible qu'il n'est besoin dans les applications... à la condition toutefois que l'on ait une oreille très exercée, ce qui n'est malheureusement pas le cas de tous les ingénieurs électriciens.

Appareil pour la mesure des variations de la composante verticale du champ magnétique terrestre, par AUREL VON BÜKY (*Physikalische Zeitschrift*, t. VI, p. 536-545, 1er sept. 1905). — Dans son article l'auteur décrit ce nouvel appareil et discute mathématiquement les conditions de son fonctionnement. L'appareil se compose d'un système astatique suspendu par un bifilaire dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, et d'un faisceau de fil de fer doux, maintenu verticalement à quelque distance du système astatique et dans le plan de celui-ci. La composante horizontale du champ terrestre n'a aucune influence ni sur la position du système astatique, ni sur l'aimantation du faisceau de fer doux; au contraire, toute variation dans la valeur de la composante verticale modifie l'aimantation longitudinale de ce faisceau et celui-ci réagit sur le système astatique : la déviation de ce dernier permet donc d'évaluer la variation de la composante verticale. Pour corriger l'influence perturbatrice des variations de température, l'auteur se sert d'un aimant auxiliaire placé du côté opposé à celui qu'occupe le faisceau de fer doux, à une distance déterminée par le calcul.

Sur l'emploi de l'électromètre à quadrants pour la mesure des faibles courants, par O.-M. STEWART (*Physical Review*, t. XXI, p. 229-247, oct. 1905). — Dans certaines expériences, en particulier dans celles où l'on étudie la radioactivité, on utilise l'électromètre à quadrants pour la mesure de très faibles courants en déterminant la vitesse avec laquelle l'aiguille se déplace. Dans son Mémoire, l'auteur discute mathématiquement les conditions dans lesquelles on doit se placer pour obtenir ainsi des mesures correctes d'intensité; il établit en particulier que le procédé généralement suivi et consistant à évaluer le temps que met l'aiguille chargée pour tourner d'un certain angle, ne donne des résultats exacts que si le mouvement de l'aiguille est uniforme.

DIVERS.

Recherches récentes sur le mécanisme du courant électrique, ions et électrons, par LANGEVIN (Communication faite à la séance du 4 novembre 1905 de la Société internationale des Électriciens). — Nous n'avons pas la prétention de résumer ici la très remarquable Communication de M. Langevin, Communication qui ne se prête pas à l'analyse et demande à être lue *in extenso*. Nous indiquerons cependant quelques-unes des expériences effectuées par le conférencier et qui ont brillamment réussi malgré l'extrême délicatesse de certaines.

M. Langevin démontre en premier lieu le passage du courant dans les gaz refroidis d'une flamme; il fait voir que l'on ne peut pas extraire d'un gaz plus d'une certaine quantité d'électricité. L'expérience montre également que les charges électriques disponibles dans les gaz se déplacent et que leur mouvement est la résultante de celui du champ et de celui de l'ascension du gaz. D'autre part, il y a plus de charges à la partie inférieure, plus voisine de la flamme, qu'à la partie supérieure par suite de la recombinaison des charges positives et négatives.

Ces diverses expériences permettent de se faire une idée des gaz conducteurs; en somme, la flamme ou les rayons de Röntgen agissent comme s'ils produisaient deux gaz nouveaux : l'un, positif; l'autre, négatif.

Dans une expérience très réussie, M. Langevin montre que les ions gazeux constituent des germes de condensation de la vapeur d'eau; il opère successivement avec le gaz de la flamme, le phosphore et l'aigrette. Il répète également l'expérience avec les gaz renfermés et, reproduisant la condensation de la vapeur d'eau, il indique comment on peut, de cette manière, mesurer la charge d'un ion dans les gaz, charge qui a été trouvée égale à $3,4.10^{-10}$ unités électrostatiques C.G.S. Rappelons que ces ions sont une agglomération de molécules autour d'un centre électrisé.

Passant à l'étude comparée des charges positives et des charges négatives, M. Langevin indique que les premières se déplacent quinze fois moins vite que les secondes et que la masse de celles-ci (les électrons) est de 1000 à 2000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène.

Enfin, M. Langevin étudie la conduction dans les métaux et fait voir que le mécanisme du courant électrique est encore explicable par les électrons. Il suffit, pour le démontrer, de se placer dans des conditions telles que les électrons gazeux du métal peuvent s'échapper; c'est ce qui est réalisé lorsqu'on amène le fil conducteur à l'incandescence; l'expérience indique bien que ce fil émet des charges négatives.

L.-J.

Sur le pouvoir inducteur spécifique de la benzine et de l'eau, par F. BEAULARD (*Comptes rendus,* t. CXLI, p. 656-658, 23 oct. 1905). — La méthode employée par l'auteur pour la mesure de ces pouvoirs inducteurs est celle qu'il exposait au dernier Congrès de l'Association pour l'avancement des Sciences, et qui a été décrite ici (t. IV, p. 119, 30 août 1905) d'après la Communication faite à ce Congrès; rappelons qu'elle est basée sur la déviation qu'éprouve un ellipsoïde de verre rempli du liquide étudié, lorsqu'on le soumet à l'action d'un champ électrique hertzien non dirigé suivant son grand axe. — Dans la Note qui nous occupe, M. Beaulard indique les résultats que lui a donnés l'application de cette méthode à l'eau et à la benzine. Pour l'eau, il a trouvé, avec des oscillations électriques d'environ 50m de longueur d'onde, $K = 11,04$; nous avons déjà fait remarquer que ce nombre est beaucoup plus faible que celui ($K = 80$) ordinairement admis et obtenu avec des oscilations lentes. Pour la benzine pure (traces de thiopène) il a trouvé $K=1,700$ dans une première série de seize mesures, et $K = 1,615$ dans une autre série de huit expériences; la moyenne est $K=1,657$, nombre également inférieur à celui que donnent les autres méthodes.

Refroidissement apparent par le passage d'un courant des fils d'argent plongés dans l'eau, par E. ROGOVSKY (*Comptes rendus,* t. CXLI, p. 622, 16 oct. 1905). — Si l'on mesure la résistance électrique de fils d'argent plongés dans un courant d'eau, en employant des courants électriques d'intensités croissantes, on constate que cette résistance diminue d'abord; il semble logique d'en conclure que la température du fil commence par s'abaisser; cet abaissement, qui ne peut être qu'apparent, est assez considérable : avec un fil de 0mm,415 de diamètre plongé dans l'eau à 17°,5, il atteint environ 2°,5C. quand l'intensité du courant passe de 0,8 à 2,6 ampères. Dans la Note qui nous occupe, l'auteur donne une explication de ce phénomène; en voici les points essentiels : — Avant que le courant ne soit lancé dans le fil celui-ci est entouré d'une couche d'eau adhérente, dont l'épaisseur ε est de dimensions moléculaires; quand on lance un courant, le fil s'échauffe et sa température ne devient stationnaire que quand la chaleur résultant de l'effet Joule est égale à celle qui est perdue pendant le même temps à travers la couche ε; c'est à cette température t' que correspond la résistance mesurée. Or, t' satisfait à la relation

$$q = k\frac{t'-t_0}{\varepsilon},$$

q étant la quantité de chaleur produite par seconde, k le coefficient de conductibilité thermique de la couche d'eau, t_0 la température de la surface externe de cette couche, laquelle est maintenue constante par le courant d'eau. Par conséquent $t'-t_0$ n'augmente pas nécessairement en même temps que q, c'est-à-dire en même temps que l'intensité du courant : il suffit que ε diminue plus rapidement que q pour que le sens de la variation de $t'-t_0$ se trouve renversé. Pour expliquer le phénomène, il suffit donc d'admettre que ε diminue d'abord très rapidement quand l'intensité du courant augmente, puis que cette épaisseur s'annule pour une certaine valeur de la différence de température, laquelle paraît être, d'après les expériences de l'auteur, d'environ 4°. — Une conséquence de ce phénomène, importante dans le cas des mesures de précision, est que, pour avoir la résistance d'un fil à une température, il ne suffit pas de plonger ce fil dans un courant liquide maintenu à cette même température, puisque le fil se trouvera amené par le passage du courant électrique à une température dépassant celle du liquide d'une quantité variable avec l'intensité du courant employé. Il faudra faire des mesures avec diverses intensités de courant, puis extrapoler les résultats obtenus.

Sur la transformation de l'uranium en radium, par BOLTWOOD (*El. W. and Eng.*, t. XLVI, p. 575, 30 sept. 1905, d'après *Am. Journ. of Science*, septembre). — L'hypothèse que le radium est un produit de transformation de l'uranium se trouve appuyée par le fait que, dans les minéraux radioactifs, la quantité de radium paraît être sensiblement proportionnelle à la quantité d'uranium qu'ils renferment; d'autre part Soddy a récemment prétendu avoir démontré par des expériences directes cette transformation. M. Boltwood a refait des expériences du même genre en prenant les plus minutieuses précautions et n'a obtenu qu'un résultat négatif : au bout de 390 jours la quantité de radium résultant de la transformation de 48g d'uranium en solution nitrique a été certainement inférieure (si transformation il y a) à $1^g,7 \times 10^{-11}$, alors que d'après Soddy une solution de même masse aurait donné une quantité de radium 10 fois plus grande en 18 mois.

Le potentiel électrique a-t-il une influence sur les propriétés des corps? par A.-M. WORTHINGTON (*Phil. Mag.*, 6e série, t. X, p. 380-383, sept. 1905). — L'auteur a recherché s'il existe une différence entre les propriétés de l'air soumis à un haut potentiel et de l'air soumis à un faible

potentiel. Cette différence est théoriquement peu probable, car si elle existait, elle correspondrait à un résidu d'énergie dont ne tiennent pas compte les relations, cependant bien établies, du champ électrique. Pour s'assurer s'il en est ainsi, l'auteur a fait passer deux faisceaux de rayons parallèles provenant d'une lampe à mercure à l'intérieur de deux tubes de cuivre de $1^m,50$ de long, de sections semi-circulaires, séparés par une bande d'ébonite et portés à une différence de potentiel de 60000 volts par une machine électrostatique. Les franges d'interférence produites par les rayons émergents n'accusaient aucune différence dans la vitesse de propagation des deux faisceaux bien que le dispositif eût permis d'apprécier une variation de $\frac{1}{53}$ du millionième de cette vitesse.

Application du magnétisme à la prospection minière, par V.-S. Hillyer [Communication faite au Lake Superior mining Institute (*Mines and Minerals,* t. XXVI, p. 45, août 1905)]. — L'auteur décrit les instruments employés et les méthodes suivies pour étudier le magnétisme terrestre en vue de déceler la position des gites de minerais magnétiques aux État-Unis. Les instruments sont une boussole d'inclinaison et une boussole munie d'un cadran solaire qui permet, l'heure solaire étant connue, d'orienter rapidement l'instrument vers le nord géographique; la boussole d'inclinaison est assez grossièrement construite et se tient à la main; la boussole à cadran solaire est plus précise; la première ne sert guère que pour avoir une première idée de la distribution du magnétisme. Pour le relevé plus complet de cette distribution on emploie le second instrument au moyen duquel on fait, en chaque station, quatre mesures : mesure de la déclinaison avec l'aiguille horizontale; mesure relative de la composante horizontale du champ en comptant le nombre d'oscillations par minute de cette aiguille; mesure de l'angle formé par l'aiguille d'inclinaison avec la verticale lorsque le plan de cette aiguille est dans le méridien astronomique; enfin, mesure semblable après avoir amené le plan de cette aiguille dans la direction est-ouest. Les stations forment un réseau serré dont les mailles n'ont que $7^m,5$ de côté. — L'auteur indique ensuite, d'après un récent ouvrage du Dr Haanel, les instruments employés en Suède. Ce sont de véritables magnétomètres de précision, qui donnent évidemment de meilleures mesures que les instruments américains, mais qui ne peuvent être confiés qu'à des personnes expertes. — L'auteur donne ensuite quelques indications sur la manière d'interpréter les résultats des mesures, tout en reconnaissant que l'expérience de l'observateur joue dans cette question le rôle prépondérant. — Ajoutons que, malgré son importance, la prospection magnétique a été peu étudiée jusqu'ici. Dans ses recherches bibliographiques l'auteur n'a pu trouver que trois documents importants sur ce sujet : Un Mémoire sur le *Magnétisme des roches,* par le professeur T.-B. Brooks, publié en 1873 dans le premier rapport du Michigan geological Survey; un autre du professeur H.-L. Smyth sur les *Observations magnétiques en Géologie,* publié en 1889 par l'United States geological Survey; enfin, l'ouvrage récent du Dr Eugène Haanel, intitulé : *La détermination du gisement et de l'importance des dépôts de minerais magnétiques au moyen des mesures magnétométriques.*

Sur l'explosion du grisou par étincelle et par incandescence, par H. Couriot et J. Meunier (*Génie civil,* t. XLVII, p. 431, 28 oct. 1905, d'après *Revue universelle des Mines,* juin). — Les expériences, au nombre de plusieurs milliers, effectuées par les auteurs, ont fourni des résultats fort intéressants en vue des précautions qu'il convient de prendre dans les installations électriques de force motrice ou d'éclairage dans les mines grisouteuses. Elles ont montré en effet que l'électricité ne peut produire « l'inflammation » du grisou : elle ne provoque qu'un seul phénomène apparent, celui de l'explosion; ce phénomène est uniquement produit par l'étincelle et les conducteurs incandescents ne font pas détoner les mélanges grisouteux même dans les conditions les plus favorables à l'explosion. Les auteurs ont opéré non seulement sur des mélanges de composition différente et déterminés aussi rigoureusement que possible, mais, pour prévenir les objections qui pourraient surgir sur la nature des conducteurs incandescents employés, il se sont servis de fils de plomb, d'aluminium, d'argent, de cuivre, de laiton, de palladium, de fer et de platine. Grâce à la différence des points de fusion de ces fils, ils ont pu porter l'incandescence à des températures de plus en plus élevées. Ils ont fait croître la longueur de la partie incandescente, en lui donnant diverses formes; ils ont varié les diamètres des fils de $0^{mm},05$ jusqu'à $0^{mm},35$, ce qui fait varier la section de 1 à 30; ils ont prolongé la durée de l'incandescence pendant 10 minutes, pour élever notablement la température du gaz. Toutes ces tentatives sont demeurées infructueuses; tant que le fil incandescent ne s'est pas rompu, l'explosion ne s'est pas produite. Cette explosion ne se produit que sous l'influence de l'étincelle de rupture. — L'explosion des mélanges grisouteux étant déterminée par l'étincelle de rupture, les auteurs font remarquer que toute cause tendant à accroître la self-induction du circuit facilite l'explosion, et qu'inversement toute cause abaissant la self-induction retarde l'explosion. Ils font également remarquer que le gaz d'éclairage se comporte d'une manière toute différente : mélangé à l'air dans la proportion de 15 pour 100, il détone sous l'influence d'un fil de platine rougi par le courant, sans que le fil se rompe et sans qu'il se produise d'étincelle; il en est de même d'un mélange convenable d'air et de méthane préparé chimiquement.

Procédé Dewar pour l'obtention du vide dans les lampes et ampoules électriques (*Génie civil,* t. XLVII, 14 octobre 1905). — On sait que le charbon de bois, préalablement chauffé au rouge ou maintenu dans le vide, possède la propriété d'absorber les gaz. Cette absorption est, à la température ordinaire, d'autant plus grande que le gaz est plus facilement liquéfiable; il était donc à prévoir que les gaz difficilement liquéfiables, peu absorbables à la température ordinaire, deviendraient de plus en plus absorbables à mesure qu'on opérerait à une température plus basse. C'est ce qu'a vérifié M. Dewar en opérant à la température de l'air bouillant sous la pression atmosphérique ($-182°$); dans ces conditions, 1^g de charbon absorbe 135^{cm^3} d'hydrogène et 230^{cm^3} d'oxygène mesurés dans les conditions normales, alors qu'il n'absorbe que 4^{cm^3} et 18^{cm^3} de ces gaz à la température ordinaire. Pour utiliser cette absorption à l'obtention du vide dans les lampes à incandescence et dans les tubes de Crookes, il suffit de les mettre en communication avec une masse suffisante de charbon, de refroidir celui-ci et d'interrompre la communication dès que le vide est obtenu. — Ajoutons que la différence des pouvoirs absorbants du charbon pour les divers gaz peut être utilisée pour la séparation fractionnée des constituants d'un mélange gazeux, opération qui est susceptible de plusieurs applications industrielles. Ainsi, en faisant passer de l'air en excès sur du charbon refroidi à $-182°$, on obtient un mélange contenant 56 pour 100 d'oxygène et 44 pour 100 d'azote; en opérant à $-80°$ avec du gaz d'éclairage, les hydrocarbures sont absorbés et il ne passe guère que de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone; en chauffant ensuite le charbon imprégné des hydrocarbures on obtient un gaz de très grand pouvoir éclairant qui peut être immédiatement produit sous pression, c'est-à-dire dans les conditions les plus favorables au transport de ce gaz.



BIBLIOGRAPHIE.

Traité pratique d'Électrochimie, par RICHARD LORENZ, professeur au Polytechnikum de Zurich, refondu d'après l'édition allemande, par GEORGES HOSTELET. Un vol., format $25^{cm} \times 16^{cm}$, VI-323 p., 77 fig. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché, 9^{fr}.

Le titre *Traité pratique*, dont on fait parfois usage abusif, est amplement mérité par l'Ouvrage qui nous occupe : il est *pratique*, car il ne contient pas moins de 65 descriptions détaillées d'exercices de laboratoire destinés à initier aux problèmes les plus subtils de l'Électrochimie moderne; et c'est un véritable *Traité*, grâce au plan méthodique adopté pour l'exposé de ces descriptions.

L'auteur ne s'est pas, en effet, contenté d'écrire les diverses particularités des exercices en plaçant ceux-ci dans un ordre plus ou moins logique, correspondant plus ou moins bien au plan d'un Traité général d'Électrochimie; il a eu soin de faire précéder ces descriptions des notions indispensables à leur compréhension et de les relier de telle sorte que les résultats numériques obtenus dans certains exercices servent de bases à des lois que d'autres exercices sont destinés à vérifier.

Trois Parties, comprenant chacune deux Sections, forment le cadre de l'Ouvrage. La première Partie, intitulée *Lois et réactions fondamentales*, débute par quelques notions générales sur l'électricité, et renferme les descriptions de 29 exercices, initiant l'étudiant au maniement des instruments de mesure et à la connaissance des principales réactions électrolytiques (électrolyse du chlorure de sodium, réduction et oxydation par électrolyse, préparation des permanganates, chromates, persulfates, etc.). — La seconde Partie est un exposé, extrêmement clair et illustré par 26 exercices, de la *Théorie de l'Électrolyse;* la Section I est consacrée à l'étude de la dissociation électrolytique des solutions aqueuses, la Section II à celle des forces électromotrices et des tensions de polarisation. — La troisième Partie traite de l'*Électrochimie appliquée :* analyse électrolytique et production électrochimique des corps. Enfin un Appendice d'une trentaine de pages renferme des Tables numériques relatives à diverses grandeurs intervenant dans l'Électrochimie.

Il est à peine besoin d'ajouter que, si certains exercices sont spécialement destinés aux étudiants qui veulent approfondir l'Électrochimie, il en est d'autres, en nombre respectable, qui peuvent trouver place dans l'étude générale de l'Électricité. Aussi recommanderons-nous la lecture de cet Ouvrage non seulement aux électrochimistes de profession à qui il est spécialement destiné, mais encore aux professeurs de l'enseignement secondaire qui y trouveront maintes expériences pouvant figurer dans les travaux de Physique et de Chimie institués par les nouveaux programmes. J. BLONDIN.

Annuaire de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens. Un vol., format $22^{cm} \times 14^{cm}$, 390 pages. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs.

Nous nous bornons à signaler cet Ouvrage, car en annonçant dans le numéro du 15 septembre dernier la mise en vente de l'*Annuaire du Syndicat des Industries électriques*, nous disions que cet annuaire avait été édité à frais communs par le Syndicat et par l'Association amicale : l'annuaire de cette dernière société ne diffère donc du précédent que par la partie qui s'occupe spécialement de l'Association (liste de membres, historique, etc.). J. B.

Répertoire des Industries Gaz et Électricité (*Édition* 1905-1906), par MAURICE GERMAIN. Un vol., format $18^{cm} \times 11^{cm}$, 616 pages. Librairie Jeanmaire, 32, rue des Bons-Enfants, Paris. Prix, relié, 3^{fr} (plus $0^{fr},50$ pour les frais d'envoi s'il y a lieu).

Les matières contenues dans ce répertoire sont réparties sous quatre rubriques : Aide-Mémoire pratique, Gaz et Électricité, Gaz, Électricité.

L'*Aide-Mémoire pratique* renferme les renseignements que l'on est accoutumé de rencontrer sous ce titre : Tables des carrés, cubes d'intérêts; Poids des matériaux de construction; Composition, densité du gaz; Unités électriques, etc., etc.

La Partie intitulée *Gaz et Électricité* donne les listes des membres des sociétés techniques et des syndicats s'occupant des industries du Gaz et de l'Électricité; la liste alphabétique des administrateurs, directeurs, ingénieurs, experts, etc., des sociétés électriques et gazières; celle des services municipaux du contrôle de l'éclairage; enfin la liste par départements des usines à gaz et stations centrales.

Les deux dernières Parties : *Gaz* et *Électricité*, présentent le même plan. On y trouve des renseignements assez détaillés sur les compagnies gazier ou électriques ayant leur siège social ou possédant des usines en France; la liste des villes de France, d'Algérie et de Tunisie possédant une usine ou une distribution de gaz ou d'électricité; la liste des appareilleurs gaziers ou électriciens; enfin la liste par spécialités des principaux fournisseurs de l'industrie gazière ou de l'industrie électrique.

Ajoutons que, pour présenter sur un même plan les deux dernières parties, il a fallu remanier complètement ce qui était publié dans les éditions précédentes relativement à l'Électricité; on en a profité pour reviser avec soin et augmenter considérablement les renseignements fournis. H. P.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Société industrielle de Mulhouse.

Cette société vient de faire paraître le programme des 137 questions qu'elle met cette année au concours; parmi ces questions nous relevons les suivantes, relatives à l'Électricité ou à la Mécanique :

Médaille d'argent pour une application nouvelle quelconque de l'électricité dans l'industrie du blanchiment, de la teinture et de l'impression.

Médaille d'honneur pour un nouveau système de chaudière fixe fonctionnant en Alsace, d'un type autre que celui à bouilleurs, et dont le rendement atteigne 80 pour 100 de la chaleur totale de combustion des houilles brûlées sur sa grille. Cette chaleur sera déterminée par évaluation calorimétrique directe. Deux chaudières du type présenté au concours devront avoir fonctionné pendant au moins un an dans deux établissements différents. Elles devront être faciles à nettoyer et offrir autant d'élasticité dans la production de la vapeur que la chaudière à bouilleurs, et présenter des garanties suffisantes au point de vue de la sécurité et de la durée de l'appareil. Les frais d'entretien et de réparation ne pourront dépasser ceux d'un générateur du type à bouilleurs de même puissance, et le prix d'établissement devra être susceptible d'être amorti dans un laps de temps de six années au plus par le bénéfice résultant d'un meilleur rendement, s'il est supérieur à celui d'une chaudière à bouilleurs produisant la même quantité de vapeur.

Médaille d'honneur pour un appareil indicateur totalisateur du travail des machines à vapeur. L'appareil devra donner à la fin de la journée un tracé qui, en permettant de retrouver le détail des éléments du travail pendant une partie quelconque de la période entière, totaliserait les ordonnées moyennes et le chemin parcouru [1]. Ces deux facteurs ainsi obtenus permettraient par un simple calcul de déterminer le travail. L'appareil devra avoir été employé avec succès pendant un an en Alsace.

Médaille d'argent pour l'application, dans un établissement industriel de l'Alsace, d'un moteur à gaz pauvre d'une puissance de 250 chevaux au moins, présentant des avantages sur l'emploi de moteurs à vapeur de même puissance, tant au point de vue de la dépense en combustible qu'à celui de l'installation et de l'entretien. Le moteur devra avoir fonctionné industriellement pendant un an.

Médaille d'honneur pour un gazogène permettant de produire, d'une façon pratique, un gaz pauvre pour moteurs à gaz, avec *les combustibles employés dans la région*.

Médaille d'honneur pour un système de chauffage des chaudières à vapeur, soit par transformation préalable des combustibles à gaz, soit par chargement mécanique, donnant, sur les procédés en usage dans la région, une économie sensible, qui devra être constatée au moins dans deux établissements industriels en Alsace par un fonctionnement de deux années au minimum.

Médaille pour l'installation d'un transporteur mécanique pour les cendres et scories d'une batterie de chaudières à vapeur de la Haute-Alsace. Le transporteur devra venir prendre les scories devant le foyer et les conduire au tas. Il devra être d'une application facile à des batteries de chaudières existantes et réaliser une économie par rapport à l'enlèvement à la brouette. Le transporteur pourrait également être étudié en vue d'amener la houille du dépôt aux chaudières.

Médaille et une somme d'argent, à déterminer d'après l'importance du travail, pour une étude expérimentale du rendement des transmissions par câbles et courroies. On déterminera autant que possible l'influence sur le rendement des divers facteurs de la transmission, tels que : rapport et diamètre des poulies, vitesse, diamètre des câbles et longueur des courroies, tension, etc. Il serait surtout important d'avoir des données précises sur la puissance absorbée par un organe ou élément de transmission *en charge*, comparativement à la puissance absorbée *à vide*.

Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour la commande électrique d'une machine à imprimer, d'une machine à papier ou de toute autre machine à vitesse très variable par un moteur triphasé alimenté à fréquence et tension constantes. Pour un couple donné, qui à la vitesse de régime correspondra au moins à dix chevaux, et des vitesses variables (par un moyen électrique) du simple au quintuple, le rendement du moteur y compris les pertes accessoires dans les résistances, etc. ne sera jamais inférieur à 0,40 et son facteur de puissance jamais inférieur à 0,40. A vitesse normale et pour le couple normal mentionné ci-dessus, le rendement et le facteur de puissance seront d'au moins 0,75. Cette application devra avoir fonctionné six mois au moins dans un établissement de l'Alsace. La récompense sera accordée au constructeur, mais l'industriel chez lequel aura été faite l'application pourra également obtenir une médaille.

Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour une étude de la commande électrique d'une filature, faisant ressortir les avantages qui peuvent en découler.

Médaille pour un appareil simple et peu coûteux, faisant fonction d'interrupteur automatique à maxima ou de coupe-circuit, avec la condition expresse qu'il devra pouvoir supporter, sans déclencher ou fondre, pendant au moins 15 à 20 secondes, un courant égal à trois ou quatre fois le courant normal (démarrage) et déclencher ou fondre à coup sûr dans un laps de temps ne dépassant pas 10 minutes, pour un courant de 30 pour 100 supé-

[1] Les dynamomètres à ressort ne remplissent pas ces conditions et seront rejetés *a priori*.

rieur au courant normal. Cet appareil devra pouvoir s'appliquer aussi bien au courant continu qu'au courant alternatif; il devra pouvoir se construire en modèle bi- et tripolaire et s'adapter surtout aux intensités inférieures à 50 ou 60 ampères. Son prix devra être assez bas pour qu'il puisse se substituer aux coupe-circuits fusibles employés actuellement, même pour de petits moteurs de 2 à 3 chevaux. Cet appareil ne sera pas nécessairement aussi bon marché qu'un coupe-circuit fusible ordinaire, surtout s'il est réglable. Pour obtenir le prix, l'inventeur aura à remettre à la Société industrielle au moins un appareil sur lequel des essais concluants pourront être faits. Si l'appareil est un coupe-circuit à fusible, il faudra y joindre un nombre suffisant de fusibles pour permettre des essais complets.

Médaille pour un modèle de coupe-circuit fusible d'installations jusqu'à 20 ou 30 ampères et 250-500 volts qui, tout en remplissant les conditions *exigées* par les prescriptions en vigueur, mentionnées sous A, se rapprochera le plus des desiderata mentionnés sous B. — *A. Conditions indispensables :* (*a*) L'intensité normale, ou calibre du coupe-circuit, est définie par les conditions suivantes : pouvoir supporter, sans fondre ou s'altérer, une intensité de 25 pour 100 supérieure à celle de son courant normal; fondre à coup sûr dans un laps de temps n'excédant pas 2 minutes, pour une intensité double de la normale appliquée au coupe-circuit froid. (*b*) La construction devra être telle que, lors de la fusion, il ne puisse se produire d'arc durable, de projection de métal ou d'explosion, même dans le cas d'un court-circuit. (*c*) Le coupe-circuit devra être construit de manière à empêcher l'emploi erroné de fusibles trop forts. (*d*) La tension limite d'emploi et l'intensité normale du calibre seront indiquées sur la partie mobile (bouchon ou fiche). — *B. Conditions désirées.* Il est désirable : (*a*) Que les indications exigées sous A (*d*) se trouvent à l'extérieur du coupe-circuit. (*b*) Qu'il n'y ait aucune pièce métallique sous tension, susceptible d'être touchée, soit extérieurement, soit pendant le remplacement de la partie mobile (bouchon, cartouche ou fiche). (*c*) Que la fraude du coupe-circuit, c'est-à-dire le remplacement du bouchon fusible par une autre pièce métallique, ou encore l'enlèvement ou l'adjonction de pièces permettant l'emploi de fusibles plus forts, soit rendue aussi difficile que possible. (*d*) Que la partie mobile (bouchon ou cartouche) elle-même soit en une seule pièce et sans couvercle facile à enlever. Les couvercles métalliques pour les bouchons fusibles ont d'ailleurs encore l'inconvénient de pouvoir être sous tension, lorsque le bourrage isolant devient humide. (*e*) Que le remplacement du fil fusible dans la partie mobile ne puisse être fait par un monteur quelconque, mais exige : soit un outillage spécial, soit le retour du bouchon au constructeur. (*f*) Qu'il soit possible de constater facilement à première vue (sans sortir le bouchon) si le coupe-circuit a fonctionné. (*g*) Que les parties fixes des coupe-circuits destinés à 500 volts ne permettent pas l'adaptation de bouchons fusibles destinés à des tensions inférieures à 250 volts. (*h*) Que le coupe-circuit entier soit robuste, de dimensions assez petites et se prête bien aux différentes combinaisons et groupements qui sont utiles dans une installation.

Médaille pour une étude sur l'influence qu'a ou qu'aura le transport de la force électrique à domicile, sur le travail en dehors de la fabrique. Constate-t-on déjà une augmentation du travail à domicile? Cette évolution est-elle probable; est-elle à souhaiter; quelles seraient ses conséquences sociales?

Ajoutons que les mémoires, dessins, pièces justificatives et échantillons doivent être marqués d'une courte devise ou épitaphe choisie par l'auteur et adressés franco de port, avant le 15 février 1906, au président de la Société industrielle de Mulhouse en même temps qu'un pli cacheté contenant le nom exact et l'adresse du concurrent.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE. — La question depuis longtemps en suspens de la jonction de l'Islande au réseau télégraphique européen va être résolue par la pose d'un câble entre les îles Shetland et l'Islande. C'est la Great Northern Telegraph C° qui a obtenu la concession pour la pose et l'exploitation de ce câble. Le câble doit toucher Thorshavn aux îles Feroë et aboutir sur la côte orientale d'Islande, soit au fjord Seydis, soit au fjord Reydar d'où une ligne terrestre ira à Reykiavick, capitale de l'Islande. La Société contribue pour 300000 couronnes aux frais d'établissement de la ligne terrestre que le gouvernement islandais doit construire. D'un autre côté, pendant 20 ans, elle recevra du Gouvernement islandais une subvention annuelle de 35000 couronnes et du Danemark une subvention de 54000 couronnes. La concession est valable pour 20 ans, mais pourra être renouvelée. Aucune autre liaison télégraphique avec l'Europe ne pourra être créée pendant la durée du contrat; seules, des liaisons par télégraphie sans fil peuvent être établies entre l'Islande et les Feroë. Le câble doit être prêt à entrer en service vers octobre 1906.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Au mois de mars de cette année, les stations de télégraphie sans fil Barkum-Leuchtturm et Borkumriff-Feuerschiff, qui appartenaient jusqu'alors au Norddeutscher Lloyd, sont passées à l'Administration impériale des Postes. En même temps, les appareils Marconi de ces stations furent remplacés par des appareils du système Telefunken. Le bateau-feu n'est habituellement en relation qu'avec le phare; celui-ci au contraire communique également avec les navires qui passent dans sa zone d'action. — On a essayé une liaison entre le phare et Helgoland, et l'on a obtenu d'excellents résultats. — Actuellement l'office postal construit à Norddeich près d'Emden, une grande station qui doit commander toute la mer du Nord. Cette station sera à environ 2^{km} à l'ouest de la station de chemin de fer de Norddeich. Les travaux préparatoires sont déjà terminés; on a construit les fondations des tours, une partie des bâtiments de service et, dans très peu de temps, seront établies les quatre tours métalliques de 60^m à 70^m de hauteur, ainsi que les machines nécessaires.

Tome IV. N° 46. — 30 novembre 1905.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

LES TUYAUTERIES DE VAPEUR A L'EXPOSITION DE LIÉGE.

La construction des grandes stations centrales entraîne l'édification de tuyauteries importantes. Il n'existe jusqu'à présent dans la littérature technique aucun traité spécial et très peu de données pratiques sur les canalisations de vapeur; aussi croyons-nous digne de l'attention de l'électricien la description du réseau remarquablement étudié en service à l'Exposition de Liége.

Les ingénieurs connaissent trop bien les effets néfastes des fortes dilatations et contractions qui se produisent surtout dans les conduites de grande longueur par suite des fréquentes variations de températures résultant des variations de pressions, inévitables même dans les services les plus réguliers. Ils savent trop bien combien il est parfois difficile d'établir des tuyauteries parfaitement étanches et fournissant des vapeurs sèches essentielles pour l'économie et la sécurité de marche d'une machine, pour ne pas apprécier les avantages d'une installation que nous n'hésitons pas à qualifier de modèle.

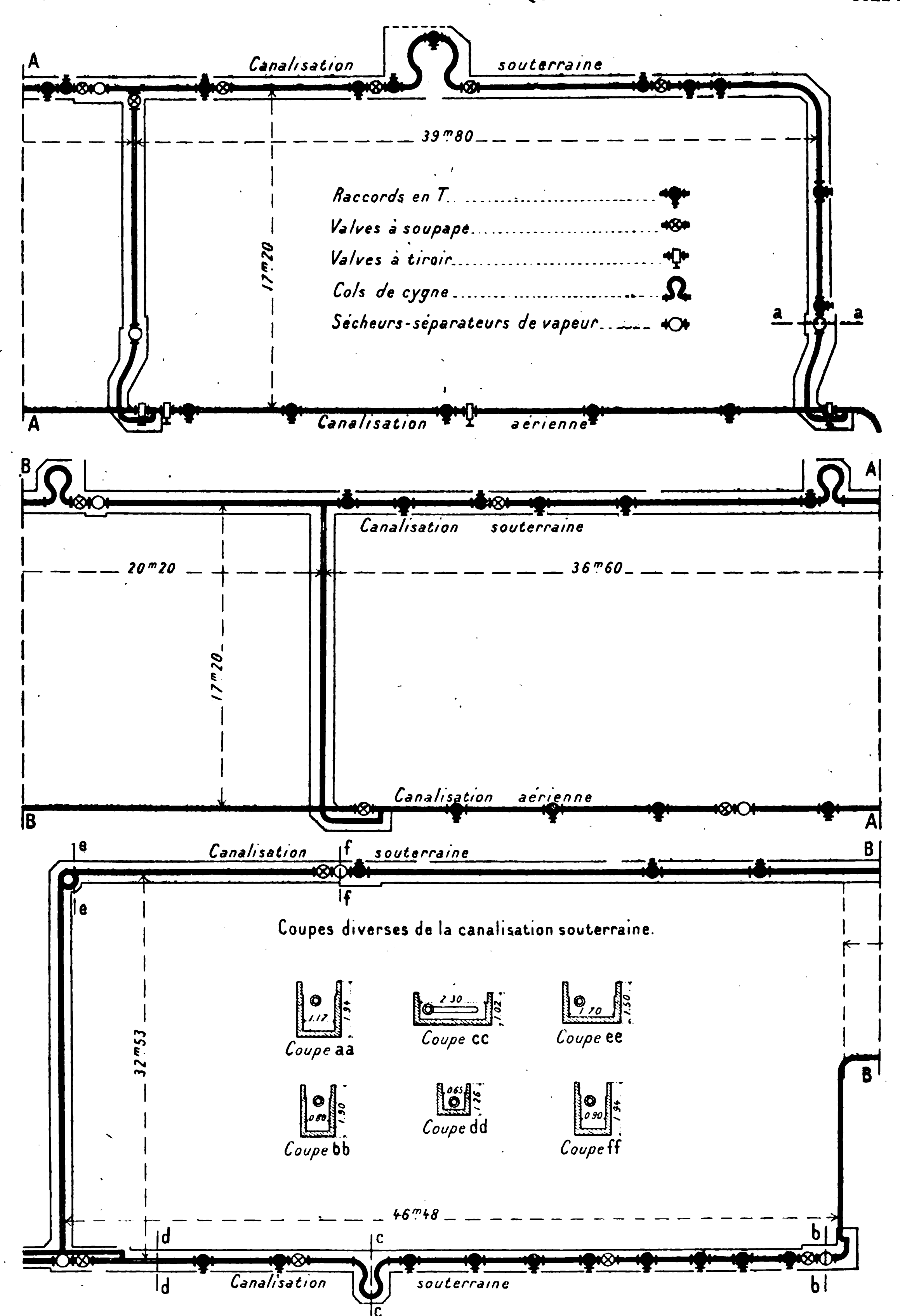
Le réseau des tuyauteries à vapeur de l'Exposition de Liége est exposé par la firme Reuling frères, de Mannheim, en Allemagne, et a obtenu le grand prix.

Bien qu'elle ne soit utilisée que sous une pression de 10^{atm} correspondant à une température de 180° C., la tuyauterie a été conçue pour supporter une pression normale de 16^{atm} et de la vapeur surchauffée jusqu'à 400°.

Le réseau principal des tuyauteries à vapeur, composé de tuyaux, valves à tiroir, soupapes et accessoires, affecte la forme d'un vaste polygone régulier ou ring. Il est formé de deux rectangles juxtaposés dont le premier a 103^m de longueur sur 17^m de largeur et le second 47^m de longueur sur $32^m,5$ de largeur, donnant un développement total d'environ 400^m. Le plan général en est donné par la planche de la page 290.

Les conduites ne sont aériennes que dans l'abri des chaudières où elles sont posées sur des consoles fixées aux colonnes du hall des machines à environ 3^m au-dessus du sol. Elles servent de collecteur aux divers générateurs fournissant la vapeur aux machines.

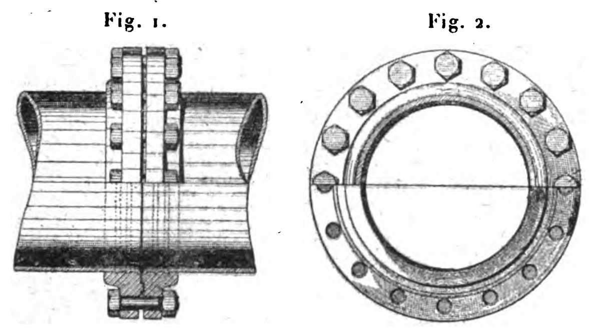
Partout ailleurs, notamment dans les halls, les conduites sont installées dans des caniveaux en béton de sections appropriées et recouverts d'abord d'un dallage également en béton et ensuite du plancher proprement dit.



A
Canalisation
souterraine
39m80
Raccords en T
Valves à soupape
Valves à tiroir
Cols de cygne
Sécheurs-séparateurs de vapeur
17m20
a
a
A
Canalisation
aérienne
B
A
Canalisation
souterraine
20m20
36m60
17m20
Canalisation
aérienne
B
A
e
Canalisation
f
souterraine
B
e
f
Coupes diverses de la canalisation souterraine.
Coupe aa
Coupe cc
Coupe ee
Coupe bb
Coupe dd
Coupe ff
32m53
B
46m48
d
c
b
d
Canalisation
souterraine
c
b

Le grand polygone ou ring principal est subdivisé en deux autres rings par des conduites transversales souterraines. Cette disposition du réseau des tuyauteries ainsi que celle des valves et soupapes intercalées permettent de faire toutes les combinaisons nécessaires pour envoyer la vapeur aux différentes machines, et pour isoler au besoin des groupes de générateurs ou de récepteurs sans influencer en quoi que ce soit la régularité du fonctionnement des appareils qu'on désire maintenir en communication.

Les tuyaux à vapeur sont exclusivement fabriqués en acier Martin-Siemens et sont soudés par recouvrement. Les brides (*fig.* 1 et 2) servant à



Raccordement de brides de conduites à haute pression. Brides laminées.

leur assemblage sont en acier coulé et fixées par un procédé spécial de laminage à froid. Ce laminage est pratiqué au moyen d'un mandrin légèrement conique qu'on introduit dans le bout du tuyau préalablement détrempé. Il a pour objet de presser par rotation ou compression simultanées le métal du tuyau dans des rainures ménagées dans la surface intérieure des brides, lesquelles sont pourvues de la même conicité que le mandrin.

Après l'opération du laminage, les bords extérieurs des tuyaux sont refoulés par un matage soigneux sur une bordure fortement conique de quelques millimètres de hauteur tournée dans la bride à l'endroit de l'arête formée par l'intersection de sa surface intérieure avec celle faisant joint.

Ce procédé, qui a donné les meilleurs résultats dans la pratique, s'emploie couramment par certains spécialistes pour les brides des tuyauteries à haute pression. C'est en somme le procédé suivi depuis longtemps pour le mandrinage des tubes de locomotive.

Il est très simple, peu coûteux et donne un joint de bride sur tuyau au moins aussi étanche que celui obtenu par le brasage au cuivre ou à l'étain, procédé le plus répandu, et même que celui obtenu par la soudure autogène au moyen du chalumeau oxhydrique.

Toutes les brides sont pourvues d'une surface plane, bien dressée au tour, légèrement en saillie et tangente intérieurement au cercle des trous de boulons.

Les joints proprement dits s'obtiennent par l'interposition d'une simple feuille de carton « Klingerit » d'environ 2^{mm} d'épaisseur et qui, fortement serrée par les boulons d'assemblage entre les deux surfaces parfaitement dressées, donne un joint très étanche, résistant admirablement aux plus hautes pressions et à la vapeur surchauffée. L'assemblage par emboîtement, c'est-à-dire par brides munies de saillies et rainures avec matière intercalée, amiante ou cuivre, ne donne pas une étanchéité plus parfaite. On reproche à ce dernier mode d'assemblage d'être très coûteux et d'exiger pour être efficace et résistant une précision mathématique dans l'ajustage des brides et le raccordement des tuyaux. Cette précision est pratiquement impossible à atteindre même avec les monteurs les plus expérimentés dans le montage de tuyauteries compliquées comprenant un grand nombre de tuyaux courbes et coudés.

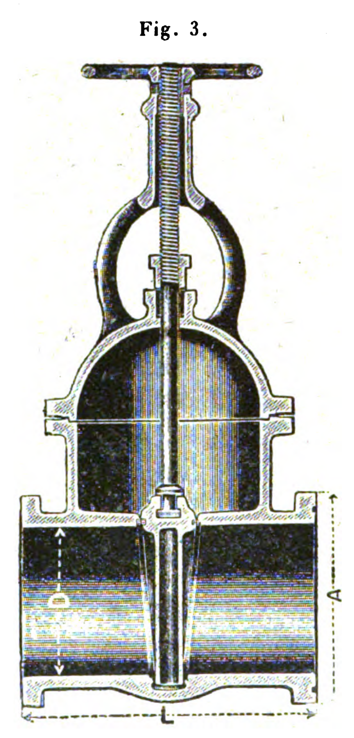
Dans la partie aérienne du réseau où la longueur de course du volant et de la tige de manœuvre est arbitraire sont intercalées des valves à tiroir du type des vannes à eau, tandis que dans le parcours souterrain où cette course est limitée par une hauteur pratique et économique des caniveaux en béton, ce sont des valves à soupapes qui servent d'obturateurs.

Les valves à tiroir ont un corps en fonte spéciale, des garnitures ou bagues assurant l'étanchéité en bronze phosphoreux, une tige de manœuvre en acier et un volant en fonte (*fig.* 3 et 4). Le grand succès que ce type de valves Reuling dit *Idéal* remporta non seulement à Liége, mais aussi à Dusseldorf en 1902 où il fut déclaré hors concours, est justifié par les nombreux avantages qu'il présente sur les soupapes.

Remonté dans le dôme surmontant l'appareil, le tiroir livre la section entière au passage de la vapeur et élimine ainsi tout étranglement ou

laminage presque inévitable dans les soupapes. Dans cette position une partie conique existant à la base de la tige de manœuvre vient s'appuyer

Fig. 3.



Coupe de la valve à tiroir type « Idéal » Reuling, employée pour les conduites aériennes du réseau des tuyauteries à vapeur à l'Exposition de Liége.

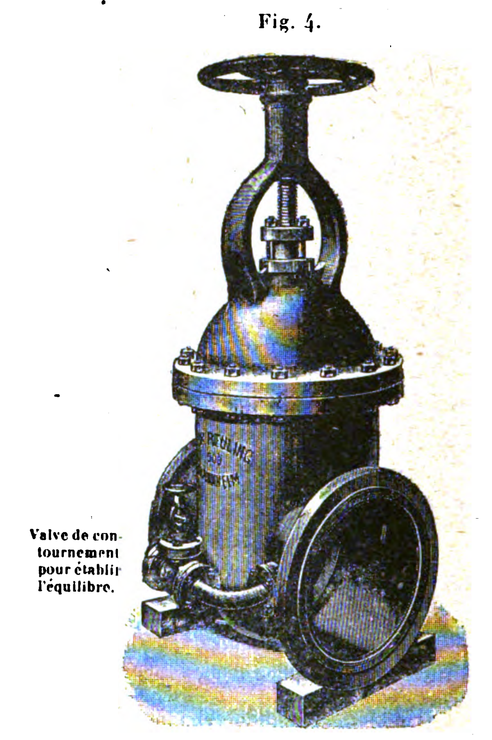
contre un siège tourné dans la partie inférieure du presse-étoupe qui, grâce à ce dispositif, peut être regarni en pleine marche.

L'appareil se caractérise en outre par une étanchéité parfaite réalisée par l'ajustage soigneux des deux garnitures ou bagues contre lesquelles vient s'appliquer le disque conique.

Il existe deux dispositifs pour établir l'équilibre de pression sur les deux faces du tiroir dans la position fermée. Le premier consiste en une petite ouverture ménagée dans le centre de la valve et qui se dégage dès qu'on soulève légèrement la tige de manœuvre. Le second dispositif représenté sur le dessin ci-contre donne le même résultat au moyen d'une petite valve à tiroir ou à soupape extérieure et qui peut établir une communication entre les parties de la conduite en avant et en arrière de la valve. Ce dernier système est particulièrement employé dans les valves à tiroir de grandes sections.

Ces dispositifs permettent également de chauffer les conduites avant leur mise en pression en y laissant passer un mince filet de vapeur.

Fig. 4.



Aspect extérieur de la valve à tiroir type « Idéal » Reuling

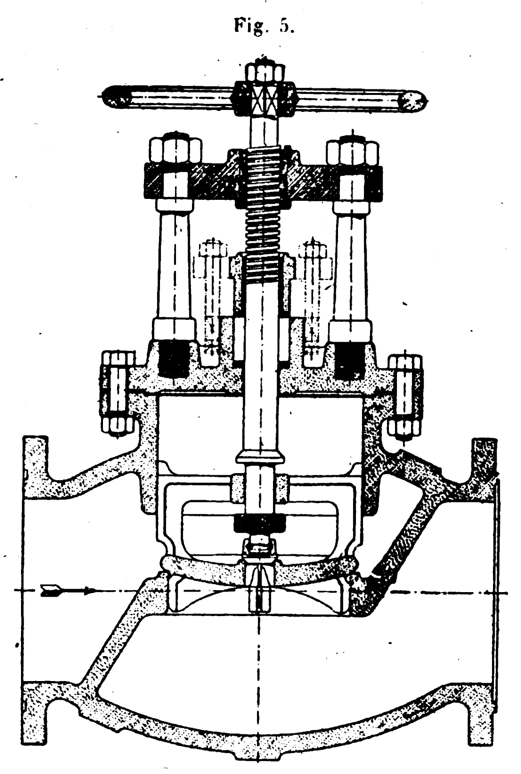
Les valves à soupapes Reuling (*fig.* 5), installées dans les conduites souterraines de l'Exposition, sont remarquables par leur construction très soignée et leur composition homogène. A part les tiges de manœuvre, elles sont complètement en fonte spéciale sans sièges ni cônes rapportés.

Cette fonte spéciale, utilisée également pour la fabrication de valves à tiroir et de divers accessoires de conduites, est un produit très pur, obtenu par le traitement de minerais très riches au charbon de bois.

Ce métal est rendu neutre, c'est-à-dire libre de toute tension à chaud comme à froid par l'addition de certains alliages en faibles quantités. Il répond parfaitement aux exigences requises pour les pièces devant être exposées à de hautes températures, notamment pour les valves et pièces façonnées des conduites de vapeur surchauffée. A part cela, les appareils en fonte spéciale sont de 30 à 40 pour 100 moins chers que ceux en acier coulé et les nombreuses installations où ils ont trouvé

application prouvent qu'on peut les garantir au même degré que l'acier coulé au point de vue de la sécurité.

Fig. 5.

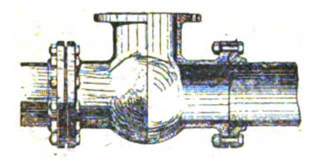


Soupape à haute pression et vapeur surchauffée système Reuling, entièrement en fonte spéciale employée dans les conduites souterraines du réseau des tuyauteries à vapeur à l'Exposition de Liége.

A l'appui de nos dires nous nous contenterons de citer l'emploi de ce métal pour les conduites de vapeur sous 15^{atm} et 400° de surchauffe de l'École Polytechnique de Darmstadt.

Une autre particularité que présentent les tuyauteries de l'Exposition de Liége est que, contrairement à l'usage de rapporter les tubulures

Fig. 6.



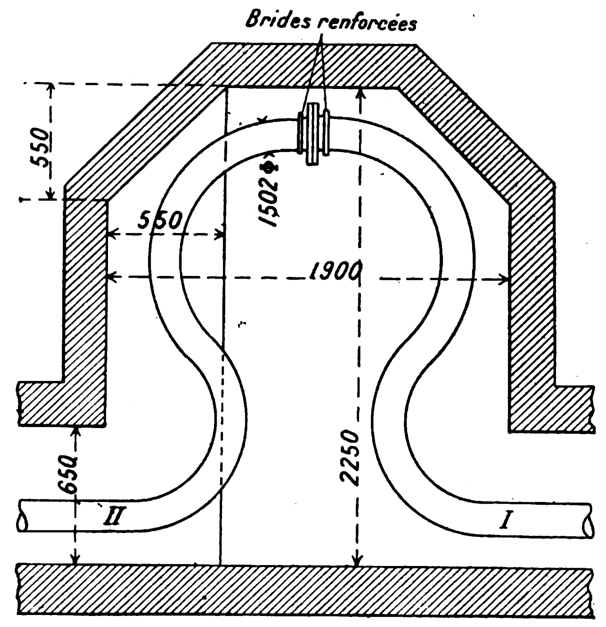
Pièce de raccord T en boule, fabriquée en fonte spéciale.

sur les tuyaux, celles-ci sont des pièces T indépendantes (*fig.* 6). Elles affectent la forme de tés en boule qui a l'avantage d'une plus grande robustesse et d'une moins grande résistance au passage de la vapeur que les tubulures ordinaires et les tés droits.

Toutes ces tubulures sont en fonte spéciale et ont généralement la même section aux trois brides. Elles sont intercalées dans les conduites aux endroits où les diverses ramifications venant des chaudières et allant vers les machines viennent aboutir soit directement, soit par l'intermédiaire de pièces coniques en fonte spéciale servant alors de pièces réductrices aux diamètres voulus.

En vue d'équilibrer complètement les efforts dus à la dilatation et à la contraction, de grands tuyaux courbes en forme de lyre, ou col de cygne, sont intercalés de distance en distance et aux endroits les mieux appropriés (*fig.* 7). Ils atteignent

Fig. 7.



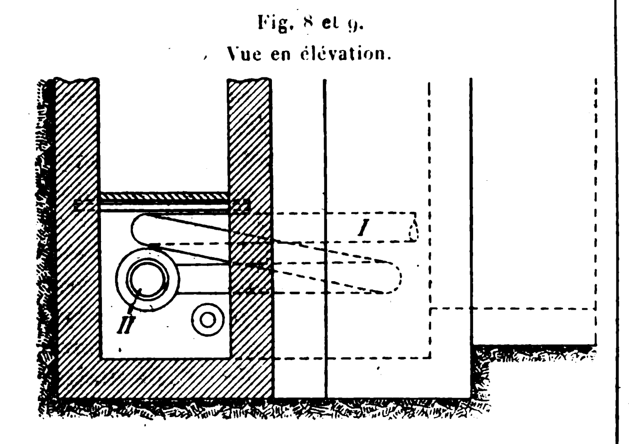
Tuyau compensateur de dilatation en forme de col de cygne.

dans les conduites de 250^{mm^2} de passage jusqu'à 13^m de développement et 3^m de hauteur. Outre ces tuyaux-compensateurs de forme bien connue, on trouve dans la partie souterraine du réseau, à l'intersection d'une conduite longitudinale avec la conduite transversale fermant le ring, un tuyau de dilatation de 150^{mm^2} de passage, affectant la forme intéressante d'un serpentin ou cor de chasse de $1^m,20$ de diamètre et 8^m de développement (*fig.* 8 et 9).

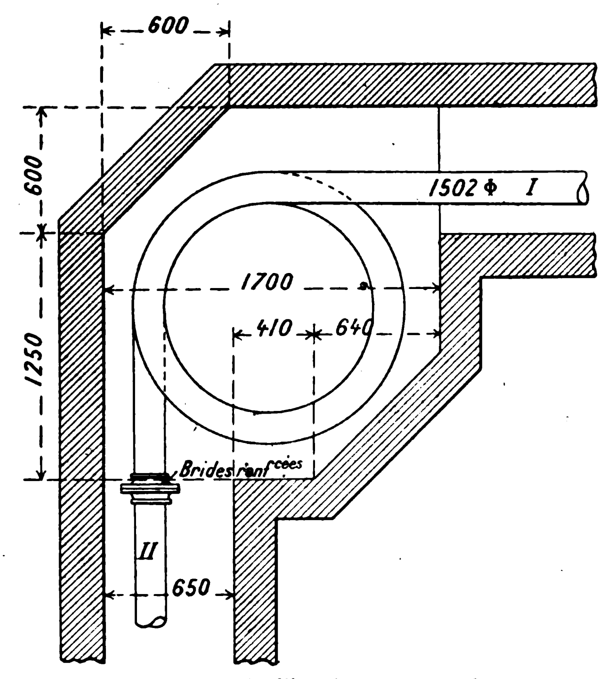
Les coudes de compensation sont en deux pièces assemblées entre elles par des brides renforcées en acier coulé.

Fig. 8 et 9.

Vue en élévation.



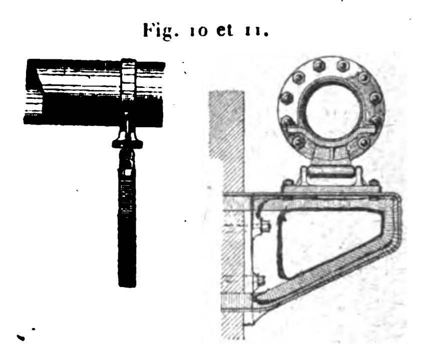
Vue en plan.



Tuyau compensateur de dilatation en forme de serpentin.

Afin de faciliter les mouvements d'allongement et de rétrécissement et d'éviter dans la mesure du possible le frottement des conduites sur leurs supports celles-ci sont maintenues par des carcans en deux pièces dont les parties inférieures sont munies de patins reposant sur des tables à rouleaux. Ces tables, fixées sur des consoles dans la partie aérienne du réseau (*fig.* 10 et 11), sont ancrées sur de petits massifs en maçonnerie dans la partie souterraine. Les conduites elles-mêmes sont fixées solidement à divers endroits au moyen de colliers et d'ancrages noyés dans les cloisons des caniveaux en béton dans le but de bien répartir les effets de dilatation vers les divers tuyaux de compensation.

Fig. 10 et 11.



Support a rouleau.

Les séparateurs d'eau ou sécheurs de vapeur sont, à l'instar des appareils généralement employés pour cet usage, des réservoirs cylindriques rivés, en tôle d'acier, munis à leur partie supérieure de deux tubulures diamétralement opposées dont l'une sert à l'entrée et l'autre à la sortie de la vapeur (*fig.* 12 et 13). Une cloison fixée au centre du couvercle et descendant à environ trois quarts de la hauteur a pour objet d'intercepter le courant de vapeur et de le dépouiller des eaux de condensation. Ces dernières s'amassent au fond des séparateurs et s'écoulent par la tubulure d'évacuation fixée à la partie inférieure. Sur les 140^{m} de conduites de 250^{mm^2} sont intercalés trois séparateurs d'eau d'environ 1^{m} de hauteur et $0^{m},65$ de diamètre intérieur et sur le développement total d'environ 250^{m} de conduites de 150^{mm^2} sont répartis quatre séparateurs d'eau de $0^{m},70$ de hauteur et $0^{m},50$ de diamètre.

Comme toute la tuyauterie, ces réservoirs sécheurs sont installés dans le parcours souterrain sur des tables à rouleaux afin de supporter librement les effets des dilatations et contractions.

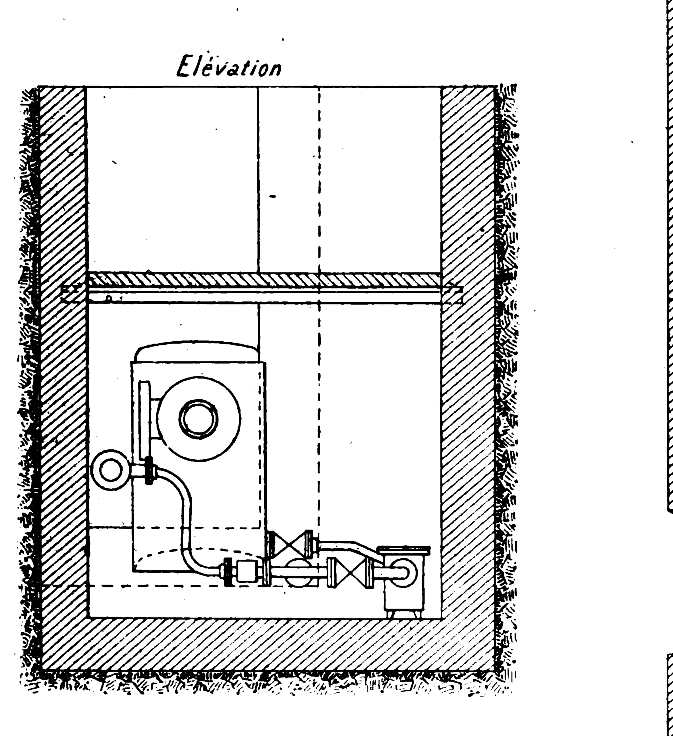
Toutes les conduites ont une légère pente vers les sécheurs afin de faciliter l'écoulement des eaux de condensation, particulièrement de celles se formant pendant les temps d'arrêt.

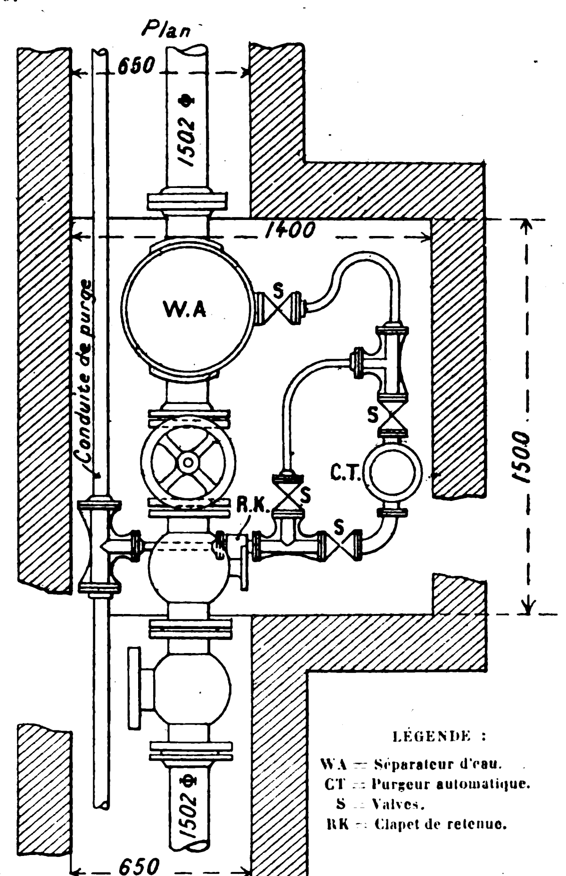
L'évacuation proprement dite des eaux de condensation des six sécheurs est assurée par six pur-

geurs automatiques de 30$^{mm^2}$ de passage du type « Columbus » installés à proximité et en contre-bas.

Chacun d'eux est raccordé d'une part à la tubulure d'évacuation du séparateur correspondant et d'autre part au réseau de la tuyauterie de purge. Celle-ci est composée de tubes à gaz posés parallèlement aux conduites de vapeur et en dessous de ces dernières avec la pente nécessaire pour permettre l'évacuation vers l'aqueduc collecteur.

Fig. 12 et 13.





Séparateur d'eau avec accessoires.

En prévision des accrocs qui pourraient se présenter dans le service par suite du mauvais fonctionnement de l'un ou l'autre purgeur, chacun de ces appareils est muni d'une petite tuyauterie de contournement comprenant quatre valves de 30$^{mm^2}$ de passage. Ce dispositif permet d'isoler chaque purgeur à contrôler, réparer ou remplacer, et d'envoyer pendant cette période les eaux de condensation directement dans la conduite de purge dont chaque entrée est défendue par un clapet de retenue empêchant le retour des eaux vers le séparateur.

Toutes les conduites à vapeur et accessoires sont revêtus d'une couche calorifuge fournie et appliquée par les différents exposants de ces matières.

C'est par décision d'une commission d'ingénieurs et professeurs éminents que le projet présenté et exécuté par la firme Reuling fut choisi parmi les projets de formes concurrentes comme répondant le mieux aux exigences du service d'une exposition. Ajoutons comme conclusion que l'absence de tout accroc pendant toute la durée de l'Exposition a pleinement justifié ce jugement.

Louis L'Hoest.

PARAFOUDRES ET LIMITEURS DE TENSION.

TRAVAUX RÉCENTS.

Il y a un peu plus d'un an paraissait dans ces colonnes un article où, nous faisant l'écho des exploitants de réseaux à haute tension, nous montrions l'importance des parafoudres et limiteurs de tension et indiquions les conditions que doivent remplir ces modestes mais indispensables appareils auxiliaires. Depuis cette époque de nombreux articles ont été publiés dans la presse électrotechnique de tous les pays, les uns consacrés à la description d'appareils ayant déjà subi l'épreuve de la pratique ou de dispositifs nouvellement brevetés, les autres relatant des faits d'expérience ou d'observation concernant leur fonctionnement. Tous ces travaux n'ayant pu être signalés ou analysés dans cette *Revue* [1] au moment de leur publication, nous avons profité de ce que la question vient d'être remise à l'ordre du jour par la discussion dont elle a été l'objet à la séance du 27 octobre dernier de l'American Institute of Electrical Engineers, pour rechercher dans les périodiques français et étrangers tout ce qui a été publié sur ce sujet depuis un an. On trouvera dans ce numéro, page 304 à 312, les analyses des Mémoires, Communications et Articles non encore signalés.

L'impression générale donnée par la lecture de ces divers travaux est qu'à l'heure actuelle les exploitants sont satisfaits; en apportant peu à peu à leurs dispositifs de protection les améliorations suggérées par la pratique, ils sont parvenus à protéger leurs réseaux et leurs machines d'une manière suffisante pour n'avoir plus à redouter,

---

[1] Des indications générales sur le fonctionnement des parafoudres ont été publiées dans notre article (t. II, p. 133, 15 septembre 1904) et dans les analyses d'une Communication de M. Dusaugey (t. III, p. 82, 15 février 1905), d'un article de M. Seibt (t. III, p. 175, 30 mars 1905) et d'un autre de M. Benischke (t. III, p. 239, 30 avril 1904); on en trouvera également dans plusieurs des analyses publiées dans ce numéro.

Quant aux appareils décrits dans ces colonnes en voici la liste; suivant la classification généralement adoptée, nous les avons divisés en parafoudres à circuit de terre continu et parafoudres à circuit de terre discontinu:

A. PARAFOUDRES A CIRCUIT CONTINU. — 1° Les parafoudres et limiteurs de tension à eau de divers modèles employés dans d'assez nombreuses installations de la région alpine; ces descriptions sont extraites d'une Communication de M. Dusaugey à la Société internationale des Électriciens (t. III, p. 82, 15 fév. 1905 et ce numéro, p. 307) et d'une Communication de M. Torchio à l'American Institute of Electrical Engineers (ce numéro p. 305).

2° Le parafoudre Moscicki à condensateur et circuit inductif en dérivation (t. III, p. 153, 15 mars 1905).

B. PARAFOUDRES A CIRCUIT DISCONTINU. — Nous les diviserons en deux groupes suivant que le circuit de terre présente une ou plusieurs discontinuités.

a. Parafoudres à une discontinuité : 1° Les parafoudres à cornes de la Société L'éclairage Électrique, avec résistance liquide ou avec fusible, ou avec dispositif de rupture mécanique, sur le circuit de terre (t. II, p. 161, 30 septembre 1904).

2° Parafoudre à cornes Renous avec soufflage magnétique (t. II, p. 194, 15 octobre 1904).

3° Parafoudre à cornes Siemens et Halske (t. III, p. 338, 15 juin 1905).

4° Parafoudre à cornes à relais Siemens-Schuckert (ce numéro, p. 311).

5° Parafoudre à cornes Aufière (t. IV, p. 233, 30 octobre 1905).

6° Parafoudre à cornes dentelées Stanoiewitch (t. IV, p. 271, 15 novembre 1905).

7° Parafoudre à cornes des Land- und Seekabelwerke (ce numéro, p. 310).

8° Parafoudre à cornes Seibt (t. III, p. 178, 30 mars 1905).

9° Parafoudre en série Gola (t. III, p. 65, 15 février 1905).

10° Parafoudre Cooper Hewitt à vapeur de mercure (t. IV, p. 271, 15 novembre 1905).

11° Parafoudre Cordovez à fermeture mécanique du circuit (t. III, p. 82, 15 février 1905).

12° Parafoudre de L'Éclairage Électrique à feuille de papier (t. II, p. 170, 30 septembre 1904).

13° Parafoudre à diélectrique des Land- und Seekabelwerke (ce numéro, p. 310).

b. Parafoudres à plusieurs discontinuités en série: 1° Parafoudre à rondelles et parafoudre à rouleaux de L'Éclairage Électrique (t. II, p. 168, 30 septembre 1904).

2° Parafoudre Schneider à champignons (t. II, p. 194, 15 octobre 1904).

3° Parafoudre à arcs multiples de la Manufacture parisienne d'appareillage électrique (t. III, p. 155, 15 mars 1905).

4° Parafoudre Westinghouse, type LE (ce numéro, p. 307).

sauf cas tout à fait exceptionnel, les nombreuses interruptions de service qui faisaient leur désespoir il y a peu d'années.

Toutefois il est à remarquer que les moyens employés pour obtenir une protection efficace diffèrent suivant les pays. Aux États-Unis il semble, d'après les articles analysés dans ce numéro, que les parafoudres à rouleaux, à discontinuités multiples dans le circuit de terre, donnent toute satisfaction et que ces appareils sont préférables aux parafoudres à cornes, auxquels les exploitants américains reprochent de ne pas couper assez vite la dérivation à la terre. En Allemagne, on préfère au contraire les parafoudres à cornes et M. Benischke cite même un cas (*voir* t. III, p. 239, 30 avril 1905) où l'on dut remplacer les parafoudres à rouleaux par des parafoudres à cornes pour protéger efficacement l'installation. En France, en Suisse et dans la haute Italie, on estime que les parafoudres à cornes et les parafoudres à rouleaux sont insuffisants et qu'il convient de les compléter par des parafoudres à liaison continue.

Un second point digne de remarque c'est que les travaux d'origine allemande se préoccupent beaucoup de perfectionner le fonctionnement des parafoudres à cornes, ce qui paraît bien indiquer que, contrairement à l'opinion relatée ci-dessus, le fonctionnement de ces parafoudres n'est pas encore parfait.

L'optimisme général est-il donc exagéré? C'est ce à quoi nous allons essayer de répondre en commentant les observations faites récemment sur le fonctionnement des divers types de parafoudres. Nous ne devrons pas perdre de vue que ce fonctionnement doit, pour donner satisfaction, protéger efficacement les lignes et appareils contre toute perturbation dont la fréquence, l'intensité et la tension peuvent varier entre des limites très larges suivant qu'elle est due à un coup de foudre direct, à une décharge atmosphérique dans le voisinage des lignes, au passage d'un nuage orageux ou encore au fonctionnement normal des interrupteurs et coupe-circuits du réseau.

I. FONCTIONNEMENT DES PARAFOUDRES A CORNES. — Il semble bien établi aujourd'hui qu'il est nécessaire, d'une part, d'intercaler une assez grande résistance sur le circuit de terre, d'autre part, de laisser entre les cornes un large intervalle. Quant au montage du parafoudre avec la ligne, le montage en série paraît préférable au parallèle généralement employé.

1° *Résistance du circuit de terre.* — Cette résistance n'a pas seulement pour but de limiter l'intensité du courant dérivé, à la terre, à une valeur telle que l'arc, amorcé par la décharge, ne puisse subsister sous la tension normale existant entre le fil de ligne et la terre; elle a également pour objet d'empêcher la décharge de devenir oscillante et de créer dans le réseau des oscillations propres ou forcées qui, par suite de la résonance, peuvent être aussi dangereuses pour les isolants que la surtension principale ayant amorcé le parafoudre.

Il est bien évident qu'une résistance élevée aura pour effet d'augmenter la durée de l'écoulement des charges électriques considérables qui peuvent être mises en jeu par les décharges atmosphériques; par suite, lorsque le parafoudre entrera en fonction sous l'influence de ces décharges, le réseau pourra rester en communication avec la terre, c'est-à-dire en fonctionnement anormal, un temps assez long pour que des inconvénients tels que fusion des plombs de sûreté, ouverture des disjoncteurs, décrochage des moteurs synchrones, en puissent résulter.

Faisons observer que les divers dispositifs imaginés pour réduire la durée de l'arc entre les cornes (soufflage électrodynamique ou magnétique comme dans les parafoudres de l'A. E. G. et les parafoudres Renous, et soufflage par courant d'air chaud comme dans le parafoudre Aufière, coupure mécanique du circuit comme dans un des parafoudres de L'Éclairage Electrique, etc.) ne sauraient être d'aucune utilité dans ce cas; ces dispositifs ont en effet pour mission de couper l'arc entretenu par le courant dérivé à la terre après que la décharge due à une surtension a cessé; s'ils le coupent avant la fin de cette décharge, la ligne n'est plus qu'insuffisamment protégée.

D'autres dispositifs pourraient cependant permettre d'atténuer, mais non de supprimer complètement, les inconvénients résultant de la mise en série d'une trop grande résistance. L'un est celui que proposent MM. Moscicki et Wæber (t. III, p. 155, 15 mars 1905) et consistant à placer un condensateur en dérivation sur le cir-

cuit comprenant le parafoudre à cornes et sa résistance : les décharges de haute fréquence trouvent alors un écoulement à la terre à travers le condensateur en même temps qu'à travers le parafoudre. Un second consiste à prendre, comme le propose M. Franklin (ce numéro, p. 306), une résistance à surface externe conductrice de manière que les décharges de haute fréquence, qui restent, comme on sait, confinées dans les couches superficielles des conducteurs qu'elles traversent, trouvent ainsi un chemin moins résistant. Mais, pour que ces dispositifs soient parfaitement efficaces, il faudrait que les décharges les plus puissantes, et mettant en jeu les plus grandes quantités d'électricité, fussent aussi celles ayant les fréquences les plus élevées; or rien ne prouve qu'il en est ainsi. Un troisième dispositif consisterait à placer en dérivation sur la résistance un second parafoudre à cornes : les puissantes décharges qui ont traversé le premier parafoudre auraient alors deux chemins pour s'écouler dans le sol, d'une part la résistance, d'autre part le second parafoudre. Ce dispositif, utilisé comme nous le verrons plus loin pour les parafoudres à rouleaux, ne paraît d'ailleurs pas avoir été appliqué [1] aux parafoudres à cornes; il est cependant plus rationnel que les deux précédents : en effet, passeraient en partie par le second parafoudre non seulement les décharges de fréquence élevée mais encore celles d'intensités assez grandes pour donner entre les extrémités de la résistance une différence de potentiel suffisante pour amorcer le second parafoudre.

Mais ces différents dispositifs, outre que leur efficacité est aléatoire, ont l'inconvénient de compliquer l'installation; de plus, ils modifient la self-induction et la capacité du circuit de terre, grandeurs qui ont évidemment une influence sur le fonctionnement d'un parafoudre, puisque de leurs valeurs dépend le caractère oscillatoire ou non oscillatoire de la décharge; dès lors leur addition à une installation existante peut tout aussi bien diminuer qu'augmenter la sécurité, sans que, dans l'état actuel de nos connaissances, nous puissions prévoir le résultat final. Mieux vaut donc s'en passer.

Quant à la valeur de la résistance à intercaler dans le circuit de terre il est impossible de la déterminer à l'avance. Si elle ne servait qu'à empêcher de subsister l'arc amorcé par la surtension, on pourrait à la rigueur la calculer, connaissant l'écartement des cornes du parafoudre et la tension entre fil et terre de la ligne à protéger. Mais, puisqu'elle doit aussi servir à empêcher la décharge de devenir oscillatoire, elle doit dépendre également de la capacité et de la self-induction du circuit de terre et, comme nous venons de le dire, nous ne possédons encore aucune donnée nous permettant d'établir un calcul, même approximatif, dans ces conditions. L'expérience seule peut donc permettre de déterminer la valeur la plus convenable de la résistance; on verra dans la Communication de M. Smith comment celui-ci a réglé la valeur de la résistance liquide placée en série sur les parafoudres à cornes de Shawinigan, mais ce procédé de réglage ne paraît susceptible d'aucune explication basée sur des idées théoriques et ne peut, par suite, être recommandé.

Pour en terminer avec ce qui concerne la résistance du circuit de terre ajoutons qu'on ne paraît pas non plus fixé sur la nature de la substance qui doit la constituer. Les uns prennent des mélanges d'eau et de glycérine, les autres des crayons en charbon. Toutes ces résistances ont un défaut commun : leur valeur varie avec l'usage et comme l'efficacité d'un parafoudre dépend de cette valeur d'après ce qui a été dit plus haut, cette efficacité ne restera pas constante. M. Wirt pense que l'on éviterait cet inconvénient en prenant des résistances en agglomérés à base de carborundum, mais jusqu'ici aucune preuve expérimentale n'a été donnée à l'appui de cette assertion.

2° *Écartement des cornes.* — La pratique a montré que l'écartement des bases des cornes doit être notablement supérieur à la distance explosive correspondant à la différence de potentiel normale entre le conducteur à protéger et la terre. En effet, si l'écart ne dépasse pas suffisamment la distance explosive normale, l'accumulation de poussières sur les cornes, le passage entre celles-ci de poussières soulevées par le vent (comme dans un cas signalé par M. Benischke), la pluie, la

[1] Dans sa Communication M. Smith décrit (ce numéro p. 304) un dispositif de ce genre employé à Shawinigan, mais son but (que l'auteur n'indique pas et que nous n'avons pas pu saisir) ne paraît pas être de créer deux chemins pour la décharge. En effet, M. Smith dit textuellement que l'on ajuste la résistance liquide placée en dérivation sur le second parafoudre de manière que la décharge ne passe pas par ce parafoudre.

neige, etc., ou enfin les excroissances formées sur les cornes par la fusion partielle du métal lors du passage d'une décharge, peuvent amener l'amorcement intempestif du parafoudre. On atténue l'influence de ces causes perturbatrices en plaçant les parafoudres à cornes à l'intérieur des bâtiments ou tout au moins sous des hangars. On peut encore, comme le propose M. Stanoiewitch (t. IV, p. 271, 15 novembre 1905), prendre des cornes dentelées dont les dents sont dirigées vers le haut de manière que les gouttelettes fondues viennent se loger à la base des dents et ne forment pas d'excroissances sur les cornes. Mais ce ne sont là que des palliatifs.

Il faut donc se résigner à laisser entre les cornes un intervalle trop grand. Mais alors la protection obtenue n'est plus suffisante, car des surtensions relativement faibles, et cependant déjà dangereuses, ne peuvent plus s'écouler dans le sol.

M. Seibt a proposé d'utiliser la propriété que possèdent les rayons ultra-violets d'abaisser le potentiel explosif pour rendre au parafoudre la sensibilité que lui fait perdre un trop grand écart des cornes. Il dispose au-dessous de celles-ci un tube à vide (t. III, p. 178, 30 mars 1905), que parcourt un courant induit par la surtension; quand ce tube s'illumine, les radiations qu'il émet rendent conducteur l'air compris entre les cornes, et la décharge se produit entre celles-ci.

Un autre procédé consiste à amorcer la décharge entre les cornes au moyen d'une étincelle auxiliaire éclatant entre deux conducteurs dont la distance est très peu supérieure à la distance explosive correspondant à la tension du réseau; cette étincelle est d'ailleurs produite par la surtension même qu'il s'agit d'éliminer.

Le parafoudre Siemens et Halske récemment décrit ici (t. III, p. 338, 15 juin 1905) fonctionne suivant ce procédé; on se souvient qu'il se compose de plusieurs parafoudres à cornes, disposés en parallèle les uns au-dessus des autres, les écarts des cornes allant en croissant du plus bas au plus élevé : la décharge commence entre les cornes inférieures et l'arc qui en résulte, rendant conducteur, soit par ionisation, soit par le courant d'air chaud qu'il engendre, l'intervalle compris entre les cornes immédiatement supérieures, un arc jaillit entre celles-ci, tandis que le premier s'éteint, et le phénomène d'amorcement se continue jusqu'aux cornes supérieures où l'arc se trouve éteint définitivement.

Mais sous l'influence de diverses causes, par exemple d'un vent violent soufflant les arcs vers le bas, le mouvement ascensionnel de l'arc peut être empêché et les cornes inférieures peuvent être endommagées et dès lors ne plus laisser entre elles l'intervalle convenable. Pour remédier à cet inconvénient, les Land- und Seekabelwerke d'une part, les Siemens-Schuckertwerke d'autre part ont appliqué des dispositifs dont on trouvera plus loin (p. 310 et 311) la description.

Tous ces dispositifs ont un inconvénient évident : ils retardent l'instant où la surtension commence à s'écouler dans le sol. En outre, nous doutons fort qu'ils puissent fonctionner sans détérioration lors d'une puissante surtension.

3° *Montage en série ou en dérivation.* — Le montage ordinaire consiste à relier l'une des parties du parafoudre, une corne par exemple, à la ligne par un fil; c'est le montage en dérivation. Dans le parafoudre Gola (t. III, 15 février 1905, p. 65), cette partie du parafoudre est intercalée sur la ligne : c'est le montage en série. On sait que M. Gola revendique pour ce genre de montage des avantages dont il serait malaisé de donner une explication théorique. Des essais récents de M. Neesen (ce numéro, p. 310) indiquent que ces avantages ne sont pas illusoires et qu'un même parafoudre (à cornes ou à plaques dentelées du modèle télégraphique) est plus efficace lorsqu'il est monté en série que lorsqu'il est monté en parallèle.

II. Fonctionnement des parafoudres a rouleaux. — La théorie indique que les parafoudres à intervalles multiples doivent être plus sensibles que les parafoudres à coupure unique. On sait, en effet, que la distance explosive croît très rapidement avec la différence de potentiel. Par conséquent, à une certaine modification dans la largeur de la coupure unique correspondra une variation de la tension de décharge beaucoup plus grande que celle qui correspond à la même modification dans la somme des largeurs des coupures multiples supportant au début la même tension que la coupure unique. Un parafoudre à rouleaux peut donc être réglé avec beaucoup plus de précision qu'un parafoudre à cornes, sans compter que celui-ci ne peut être réglé exactement pour les raisons indiquées plus haut.

Mais on sait aussi que l'amortissement des étincelles diminue en même temps que leur longueur. Dès lors il est à craindre que les parafoudres à coupures multiples ne donnent plus souvent des décharges oscillatoires que les parafoudres à coupure unique. Comme à ceux-ci, il faut donc leur adjoindre une résistance en série assez considérable. En fait, la pratique a montré que les parafoudres à rouleaux montés sans résistance sur le circuit de terre, comme on le faisait autrefois, ne donnent pas une protection aussi efficace que les mêmes appareils munis d'une résistance.

L'addition de cette résistance a d'ailleurs, dans le cas des parafoudres à rouleaux, le même inconvénient que dans le cas des parafoudres à cornes : elle empêche l'écoulement rapide des grandes quantités d'électricité.

Pour remédier à cet inconvénient, la Westinghouse Co a utilisé un dispositif que nous signalions plus haut et consistant à mettre en dérivation sur la résistance de terre un second parafoudre à rouleaux qui fournit aux décharges puissantes un nouveau chemin pour se rendre à la terre. Cette disposition, décrite en détail plus loin (p. 307), paraît avoir donné toute satisfaction, car, d'après les essais de M. Neall (ce numéro, p. 306), la durée d'une décharge à travers un parafoudre ainsi disposé n'est pas plus longue que celle d'une décharge à travers un parafoudre à rouleaux sans résistance de terre et certainement inférieure à celle de la décharge dans le même appareil muni d'une résistance de terre.

III. Parafoudres a liaison continue. — Suivant M. Torchio (p. 305) et M. Dusaugey (p. 307), les exploitants qui ont installé ces appareils sur leurs réseaux en sont très satisfaits ; à cette double assertion aucune restriction n'a été faite.

IV. Conclusions. — Dans la discussion qui eut lieu à la séance du 27 octobre de l'American Institute of Electrical Engineers, M. Stott disait qu'il est impossible de réaliser d'une manière simple les multiples conditions que doit remplir un parafoudre parfait. C'est aussi notre avis.

Les parafoudres, ou plutôt les limiteurs de tension, à liaison continue avec le sol, donnent certainement une protection très efficace contre les surtensions, faibles ou grandes, mais ne mettant en jeu que d'assez petites quantités d'électricité. Les parafoudres à rouleaux, bien montés, peuvent donner une protection efficace contre les surtensions du même genre, quoique pour les faibles surtensions ils soient évidemment inférieurs aux appareils précédents. Les parafoudres à cornes protégeront efficacement contre les perturbations de grande puissance, et d'autant mieux que la résistance du circuit de terre sera plus faible. Seules, les ondes de courant de grande intensité et de faible tension pourraient peut-être ne pas être dérivées au sol par les uns ou les autres de ces appareils ; mais nous ne pensons pas qu'elles puissent se propager sur les réseaux, car, ou bien elles fondraient le conducteur, ou bien elles se transformeraient, par suite de la résistance du fil, en ondes de haute tension.

Il est donc possible de se protéger efficacement contre tous les genres de perturbations possibles par l'installation simultanée d'au moins deux de ces dispositifs de protection : parafoudres à liaison continue ou parafoudres à rouleaux, d'une part, parafoudres à cornes d'autre part. Faut-il, comme le proposent M. Dusaugey (p. 309) et M. Torchio (p. 305), augmenter au delà de deux le nombre des appareils de protection? C'est sans doute utile, mais cela ne paraît pas absolument nécessaire. Dans beaucoup de cas, deux genres d'appareils, convenablement montés, seront suffisants.

Mais, s'il nous paraît suffisant, en général, de monter deux genres de parafoudres, nous croyons que c'est toujours indispensable. Les parafoudres à cornes ne sont pas assez sensibles pour donner une protection efficace contre les faibles surtensions, et, quant aux dispositifs préconisés récemment pour augmenter leur sensibilité, nous avons dit plus haut ce que nous en pensions. D'un autre côté, les limiteurs de tension à liaison continue et les parafoudres à intervalles multiples ne peuvent laisser écouler assez rapidement les grandes quantités d'électricité que certaines perturbations mettent en jeu. M. Neall prétend bien que les parafoudres à rouleaux type LE sont efficaces dans tous les cas. Mais les troubles survenus dans l'exploitation de la ligne Shawinigan-Montréal, tant que cette ligne n'était protégée que par des parafoudres de ce genre, infirment son opinion.

J. Blondin.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Accumulateur « Ajapa » de la Société l'Électrique

(d'après renseignements fournis par la Société).

Les accumulateurs « Ajapa » (2) sont des accumulateurs pour voitures électriques. Ils sont construits par la société l'Électrique qui les exploite concurremment avec ses voitures « Gallia ».

Les plaques sont du type à oxydes rapportés; elles sont constituées par une grille de forme particulière brevetée par P. Meusnier et G. Mounier (brevet français 330669 du 28 mars 1903). Cette grille est fondue d'une seule pièce et se compose d'un cadre rectangulaire portant, dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, des traverses formant entre elles des carrés ou des rectangles. Les sections du cadre et des traverses sont carrées ou rectangulaires, et de dimensions appropriées. Suivant les diagonales des carrés ou rectangles, règnent de petites barrettes de section également carrée ou rectangulaire, dont la caractéristique est que leur épaisseur est moitié de celle du cadre et des traverses, de sorte que, si l'on suppose la grille partagée, dans son épaisseur, en deux parties par un plan médian, lesdites barrettes appartiennent successivement à l'une ou à l'autre moitié.

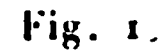
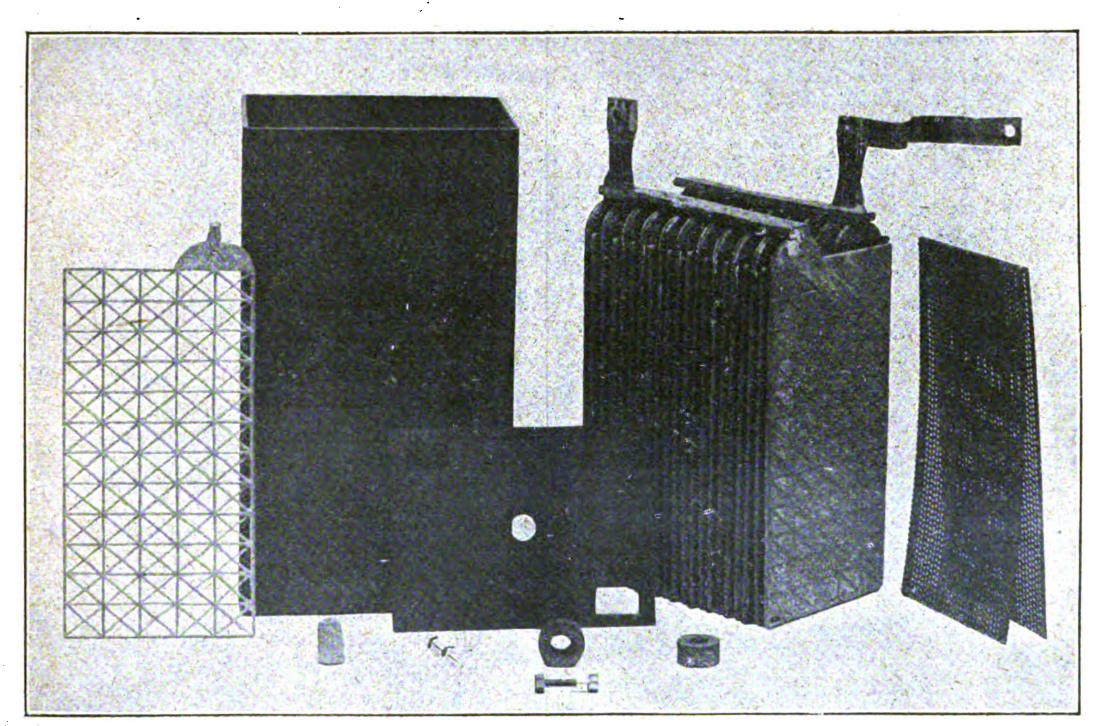


Fig. 1.



(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. Marks and Clerk, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

(2) Antérieurement, ces éléments étaient appelés accumulateurs « Supra ».

Les figures 2 et 3 font comprendre cette disposition; la première est une portion de la grille vue en plan; la seconde, une coupe faite suivant XY. Dans

Fig. 1.

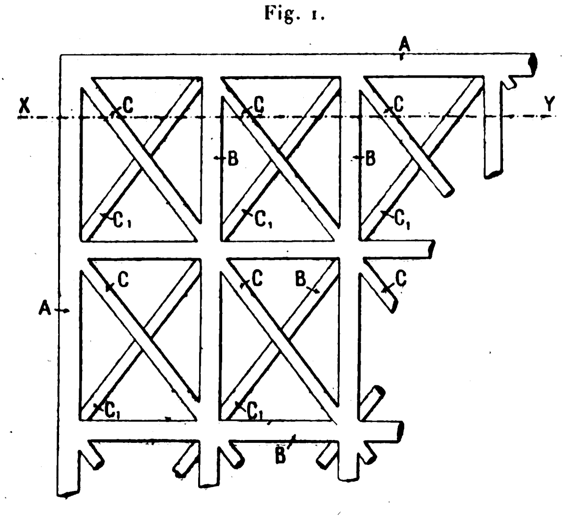
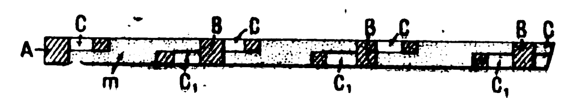


Fig. 2.



ces figures, A sont deux côtés du cadre; B, les traverses longitudinales et transversales; CC_1, les barrettes régnant sur les diagonales; *m*, la matière active.

Le montage des éléments se fait ainsi que le montre clairement la figure 1 sur laquelle on voit, à côté d'une grille non empâtée, le bac en ébonite avec son couvercle; le bloc de plaques avec ses deux barrettes soudées, l'une positive, l'autre négative; les séparateurs en ébonite, perforés et à nervures verticales; et enfin, les deux rondelles de caoutchouc que l'on dispose à l'endroit où les prises de courant traversent le couvercle; le bouchon et les deux boulons d'assemblages des connexions pour la mise en tension des éléments.

Dans le Tableau suivant on trouvera résumées les principales caractéristiques des trois types d'éléments construits par la société l'Électrique :

	Type de l'élément n°		
	I.	II.	III.
Poids total d'un élément, en kg..	12,5	15,0	17,0
Poids d'une batterie de 46 éléments avec ses caisses, en kg..	600 à 625	725 à 750	800 à 825
Capacité en ampères-heures, au régime de 5 heures.........	140	175	240

Chacun de ces types correspond à un type de voiture approprié; le parcours total peut atteindre 100^{km} à 125^{km} sans recharge. D'après les constructeurs, les deux plaques, positive et négative, s'usent également et leur durée peut être de 200 à 250 décharges.

T. Pausert.

L'avenir de la turbine à gaz, par Dugald Clerk. Adresse présidentielle lue à la séance du 3 novembre de la Junior Institution of Engineers (*Electrician*, t. LVI, p. 147-149, 10 nov. 1905).

Le développement considérable qu'a pris la turbine à vapeur dans ces dernières années devait naturellement amener les inventeurs à se préoccuper de la turbine à gaz. Il est en effet démontré que le rendement thermique des moteurs à gaz à pistons est supérieur à celui d'une machine à vapeur à pistons; d'autre part, il est établi que le rendement d'une turbine à vapeur est, sinon supérieur, du moins égal à celui d'une machine à pistons; il est donc permis d'espérer que la turbine à gaz présentera en même temps les avantages nombreux des moteurs rotatifs et un rendement thermique plus élevé que nos moteurs actuels.

Aussi le nombre des brevets relatifs à des turbines à gaz est-il déjà considérable (1); en outre, quelques études théoriques sur le même sujet on été publiées récemment (2).

L'impression générale qui se dégage de ces brevets et de ces études est que le problème de la construction des turbines à gaz ne présente pas de difficultés pratiques plus grandes que celles rencontrées et surmontées par Parsons dans la construction des turbines à vapeur; quelques ingénieurs estiment même qu'elles sont moindres et que le temps nécessaire à la mise au point de la turbine à gaz sera de beaucoup inférieur à celui qu'a exigé la mise au point de la turbine à vapeur. Par contre, d'autres ingénieurs, se basant sur les résultats peu satisfaisants obtenus dans ces trois dernières années sur des modèles de turbines à gaz, pensent que la réalisation pratique de la turbine à gaz est encore bien lointaine. M. Dugald Clerk, dont la compétence en moteurs à gaz est établie, est de ces derniers et dans son adresse présidentielle il établit que non seulement la construction de la turbine à gaz est hérissée de difficultés avec les matériaux dont nous disposons actuellement, mais encore que, même en se plaçant dans les hypothèses les plus favorables, le rendement de la turbine

(1) A la vérité les inventeurs actuels ne font que suivre une voie déjà tracée par Parsons, car celui-ci dans son premier brevet sur la turbine à vapeur (BP. 6735, 1884) revendiquait déjà la possibilité du remplacement de la vapeur par un fluide combustible pour la production de la force motrice.

(2) Parmi ces études signalons celle de R.-M. Neilson présentée fin 1904 à l'Institution of mechanical Engineers et celles du Dr Charles F. Lucke et du profes. Sidney A. Reeve publiées dans *Engineering Magazine*.

à gaz ne peut atteindre celui des moteurs à gaz à pistons.

De quel côté est la vérité? L'avenir seul nous l'apprendra. Le pessimisme n'est plus de mode aujourd'hui : bien des inventions regardées au début comme pratiquement irréalisables se sont cependant développées; la turbine à vapeur est de celles-ci, car les prévisions pessimistes n'ont pas été épargnées à Parsons lors de ses premiers essais; la turbine à gaz sortira peut-être victorieuse, comme son aînée, des épreuves du début.

Quoi qu'il en soit les considérations développées par M. Dugald Clerk dans son adresse présidentielle sont à connaître; nous en résumons ci-dessous les principaux points :

I. En premier lieu l'auteur fait observer que l'on ne saurait utiliser dans une turbine à gaz les hautes températures développées par la combustion des mélanges gazeux dans les cylindres des moteurs à gaz. Ces températures sont en effet de 1500° C. à 1600° C. et peuvent même atteindre 2000° C. Ces hautes températures ne sont pratiquement acceptables dans ces moteurs que parce que, en raison de la forme du cycle décrit par les gaz, elles ne sont maintenues que pendant un temps fort court. Dans la turbine à gaz, dont le fonctionnement est caractérisé par la continuité du passage du flux gazeux, certaines parties se trouveraient portées à la température même des gaz; or nous ne possédons aucune substance possédant à ces hautes températures les qualités mécaniques que doivent avoir les organes d'un générateur de force motrice. Il est donc indispensable que la température du flux gazeux soit notablement abaissée avant son entrée dans la turbine. M. Neilson estime qu'elle ne doit pas dépasser 700° C.; l'auteur trouve que c'est une limite encore bien élevée, car, d'après des expériences personnelles sur la rapidité de l'oxydation du fer et de l'acier à cette température, les aubes d'une turbine fonctionnant dans ces conditions seraient rapidement mises hors d'usage.

II. Cette nécessité d'abaisser la température des gaz a conduit à transformer partiellement leur énergie thermique en énergie cinétique de leurs particules par détente dans un ajutage analogue à celui des turbines à vapeur de Laval : le mélange gazeux est alors comprimé dans une chambre de combustion à parois réfractaires et les gaz brûlés s'échappent de cette chambre par un ajutage de forme convenable pour ensuite agir sur les aubes de la turbine. Ce genre de turbine, que l'auteur regarde comme le plus pratique de ceux qui ont été proposés, exige pour avoir un rendement satisfaisant : 1° un compresseur de haut rendement; 2° un ajutage de rendement équivalent à celui d'une détente adiabatique dans un cylindre; 3° une partie rotative de construction telle que la transformation de l'énergie cinétique des gaz en travail mécanique utilisable ait également un rendement élevé.

Pour se rendre compte du rendement global que l'on peut obtenir avec ce genre de turbine en admettant pour chacun des trois organes un rendement de l'ordre de grandeur indiqué pour la pratique, l'auteur a fait le calcul dans l'hypothèse où la masse gazeuse suit un cycle de Joule ou de Brayton dont le rendement théorique serait de 48 pour 100. Pour obtenir ce rendement théorique la compression devrait être portée à 9,8 kg : cm² (140 livres par pouce carré), la température maximum serait de 1700° C. et la température à la sortie de l'ajutage de 700° C.

Pour la compression il serait avantageux de prendre un compresseur à piston dont le rendement est meilleur que celui d'un compresseur rotatif. Mais l'auteur regarde comme un non-sens l'emploi du premier, car si l'on consent à utiliser le mouvement alternatif dans l'un des organes du moteur, il est inutile de chercher à construire une turbine à gaz. Il ne faut alors compter que sur un rendement de 60 pour 100 du compresseur : néanmoins, afin de se placer dans les conditions les plus favorables à la turbine, l'auteur admet 90 pour 100 pour ce rendement.

Il admet également 90 pour 100 pour le rendement de la conversion de l'énergie thermique en énergie cinétique par l'ajutage, quoique ce chiffre lui paraisse fort élevé.

Quant au rendement de la transformation de l'énergie cinétique des gaz en travail utilisable sur l'arbre de la turbine, il est certainement inférieur. On sait en effet que le rendement mécanique d'une turbine à vapeur est plus faible que celui d'une machine à pistons à vapeur sèche aux hautes pressions; si la turbine permet une meilleure utilisation mécanique de l'énergie de la vapeur cela tient surtout à ce que les condensations qui se produisent dans les cylindres des machines alternatives sont évitées dans la turbine. Dès lors on ne peut guère compter que sur un rendement de 80 pour 100.

De l'énergie de la masse gazeuse contenue dans la chambre de combustion, on ne recueillera donc que $0,9 \times 0,8 = 0,72$. De cette fraction il faut retrancher la quantité d'énergie nécessitée par la compression; or le calcul indique que pour le cycle choisi elle est de 0,4 de l'énergie motrice; comme on a admis 0,90 pour le rendement du compresseur, la fraction à retrancher est 0,445. Il reste 0,275. C'est-à-dire que le rendement thermique d'une turbine fonctionnant suivant le cycle considéré ne serait que de 27,5 pour 100. Encore n'a-t-il pas été tenu compte des pertes de chaleur par rayonnement, par conductibilité et par échappement, pertes qui, suivant l'auteur, doivent atteindre 25 pour 100, si l'on se base sur celles que l'on observe dans les moteurs à pistons; en tenant compte de ces pertes le rendement tombe à 16,5 pour 100. Or, suivant l'auteur, un moteur à pistons dont le fonctionnement se rapprocherait, autant que le permet la pratique, du cycle thermique envisagé à 48 pour 100 de rendement, aurait un rendement thermique d'au moins 30 pour 100.

III. Mais la solution précédente n'est pas la seule qui ait été proposée pour la réalisation pratique de la turbine à gaz. Une autre consiste à utiliser la plus grande partie de l'énergie du mélange de combustible dans un moteur à pistons et recevoir les gaz d'échappement dans une turbine. Une disposition de ce genre a été essayée par Lanchester. L'auteur pense que l'on pourrait obtenir ainsi un rendement élevé dans la turbine, mais on ne saurait évidemment la regarder comme la solution du problème de la turbine à gaz de grande puissance.

Pour éviter les difficultés résultant de la haute température des gaz, le professeur Reeve a préconisé l'emploi, comme fluide moteur, de vapeur d'eau portée à une température relativement basse par la combustion au milieu de cette vapeur d'un mélange gazeux; on réaliserait ainsi une turbine à vapeur fortement surchauffée, intermédiaire entre la turbine à gaz incandescent et la turbine à vapeur actuelle. L'auteur considère cette solution comme intéressante, mais il estime que pour obtenir un rendement supérieur à celui des moteurs à piston il faudrait que la température du fluide à son entrée dans la turbine fût de beaucoup supérieure à la limite qu'il conviendrait de ne pas dépasser pour avoir toute sécurité dans le fonctionnement

BREVETS RÉCENTS.

Knoener. USAP. 793593, 20 fév. 1903 (anneau collecteur). — Maschinen-Fabrik Oerlikon. DRP. 163836, 15 sept. 1904 (refroidissement de machines électriques). — Meirowsky. BF. 351905, 3 juin 1905 (lamelles isolantes pour collecteurs).



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

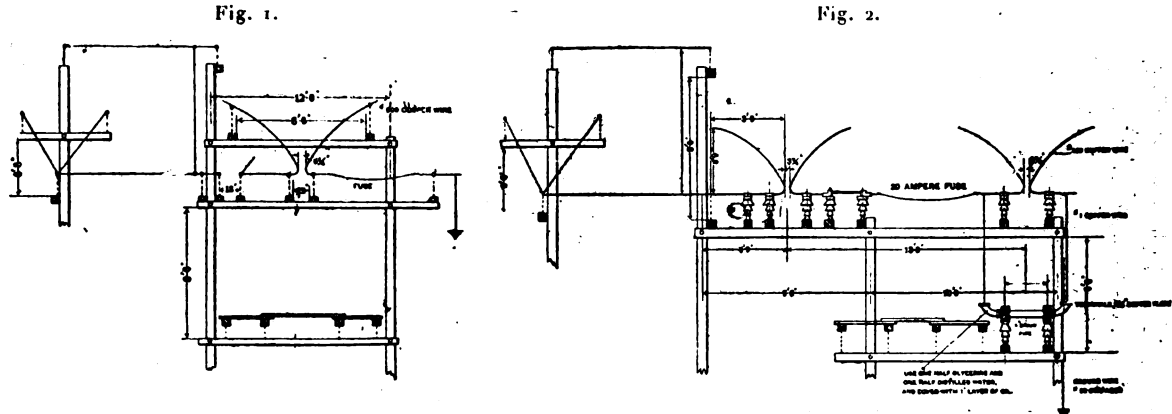
Quelques observations sur la protection donnée par les parafoudres, par JULIAN-C. SMITH (*Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIV, p. 985-995, oct. 1905). — Ces observations furent faites pendant les années 1903, 1904 et 1905 sur les lignes de la Shawinigan Water and Power Company qui transmettent à Montréal l'énergie des chutes de Shawinigan.

L'usine génératrice comprend quatre groupes générateurs fournissant des courants diphasés, 2200 volts, 30 périodes par seconde; trois groupes ont une puissance individuelle de 3750 kilowatts, le quatrième une puissance de 6000 kilowatts; les alternateurs sont directement accouplés aux turbines qui fonctionnent sous une chute de 42^m. Les courants sont amenés par une double série de barres omnibus aux enroulements basse tension de transformateurs élevant la tension à 50000 volts et fournissant, en raison de leurs connexions en T, des courants triphasés; le point neutre des enroulements haute tension est relié à la terre et la tension entre ce point et chacun des fils de ligne est de 29000 volts. — La ligne de transmission n° 1, mise en service en 1903, a une longueur de 137^{km} et aboutit dans les faubourgs de Montréal; elle est formée par trois conducteurs d'aluminium à 7 fils, disposés aux trois sommets d'un triangle équilatéral de $1^m,50$ de côté; la section de chaque conducteur est 92^{mm^2}; les poteaux sont en bois et ont $10^m,50$ de hauteur. En 1904 une sous-station fut établie à Joliette, à 72^{km} de l'usine génératrice; de cette sous-station part une ligne à 12500 volts, de 32^{km} de longueur, traversant le Saint-Laurent par un câble de 1500^m et desservant la ville de Sorel. A la station terminus de Montréal, la tension, qui n'est plus que de 44000 volts par suite de la perte en ligne, est abaissée à 2400 volts; cette station renferme 6 groupes moteurs générateurs avec moteurs synchrones fournissant des courants alternatifs à la fréquence 60 pour l'alimentation du réseau d'éclairage, et deux groupes moteurs générateurs, toujours avec moteurs synchrones, donnant du courant continu pour l'alimentation du réseau de traction; ces derniers groupes et cinq des premiers ont une puissance de 1000 kilowatts, le sixième groupe du réseau d'éclairage a une puissance de 5000 kilowatts. A la fin de l'année 1904 une seconde ligne de transmission fut établie parallèlement à la première, dont elle n'est parfois distante que de 30^m; elle ne diffère de celle-ci que par la section des conducteurs et par l'addition d'un quatrième conducteur placé de façon à passer par le point neutre du triangle formé par les trois autres; ce conducteur est relié au sol à chaque poteau par un conducteur descendant le long du poteau.

Lors de la mise en service de la ligne n° 1, les appareils de protection contre la foudre consistaient en une série de parafoudres Westinghouse du type LE (low-équivalent) et une série d'interrupteurs statiques, disposés à chaque extrémité de la ligne; le nombre des intervalles d'air des parafoudres était déterminé par des essais, de façon que ces parafoudres fonctionnassent sous la tension la plus basse compatible avec une bonne exploitation; cette tension de fonctionnement était de 65000 volts. En 1904, une série de parafoudres de la General Electric Co, ajustés pour fonctionner à 65000 volts, fut placée à la sous-station de Joliette. La même année la ligne fut munie de parafoudres à cornes dont l'écartement à la base est de $15^{cm},6$ et correspond à une tension de fonctionnement de 90000 volts; la disposition de ces parafoudres est donnée par la figure 1, où les cotes sont exprimées en mesures anglaises (1 pied, représenté par ', valant 30^{cm}, et 1 pouce, représenté par ", valant $2^{cm},5$). En 1905, on installa sur la ligne n° 2, à chaque extrémité et à Joliette, des séries de parafoudres LE et des séries de parafoudres à cornes : la disposition de ces derniers est représentée sur la figure 2; on voit que chaque conducteur est connecté à deux parafoudres à cornes reliés par un fusible de 20 ampères et que l'un d'eux est en dérivation sur une résistance liquide, reliée au sol et constituée par un tube horizontal contenant un mélange à parties égales d'eau distillée et de glycérine et une couche d'huile de 2^{cm} empêchant l'évaporation. Ajoutons qu'à la station génératrice de Shawinigan, où comme nous l'avons dit le point neutre des enroulements haute tension de chaque groupe transformateur est relié au sol, on disposa un interrupteur mettant automatiquement hors circuit un groupe de transformateurs quand les parafoudres de la ligne correspondante viennent à fonctionner; la figure 3 montre comment ce but est atteint : sur le fil reliant au sol le point neutre (neutral grounded) est inséré un transformateur (series transformer) qui, par l'intermédiaire d'un relais (relay), commande un interrupteur à huile (oil circuit-breaker), placé sur le circuit d'alimentation à basse tension; dès qu'un parafoudre du circuit haute tension vient à fonctionner, un courant circule dans le fil de terre, le relais est mis en action et l'interrupteur s'ouvre. A la station de Montréal la mise hors circuit de la ligne coupée automatiquement à Shawinigan se fait à la main, dès que les instruments de mesure indiquent que cette ligne est coupée.

Les lignes de transmission, qui suivent la vallée du Saint-Laurent à une distance du fleuve d'environ 32^{km}, ont pour direction générale celle du nord-est au sud-ouest; le pays qu'elles traversent est plat sauf dans le voisinage de la station génératrice; à une dizaine de kilomètres au nord court

Fig. 1. Fig. 2.

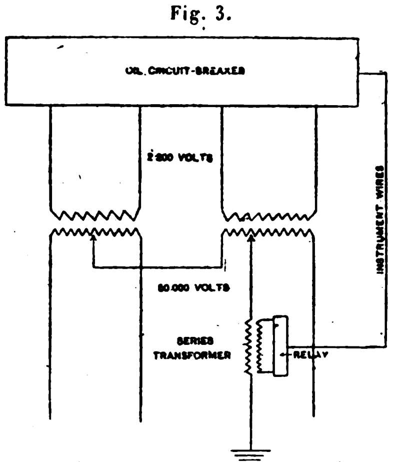


Parafoudres à cornes de Joliette.

Parafoudres à cornes et résistances, type 1905.

une chaîne de montagnes. Les orages sont surtout fréquents en été; ils se déplacent généralement vers l'est, parallèlement à la ligne, et, comme parfois ils mettent plusieurs jours à parcourir l'étendue de la ligne, il ne se passe guère de jour, du 25 juin au 10 septembre, où l'on n'ait à enregistrer l'existence d'un orage en un des points de la ligne; toutefois il n'y a guère par année que quatre ou cinq orages particulièrement violents.

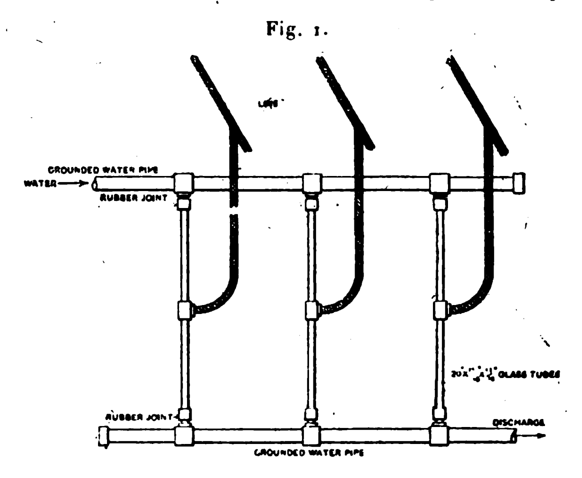
Fig. 3.



Durant l'année 1903 les orages provoquèrent plusieurs interruptions de service; le plus souvent la cause immédiate était la rupture des poteaux, dans deux ou trois cas la rupture des isolateurs, d'autres fois la formation d'arcs entre les bornes des transformateurs, enfin parfois le décrochage des moteurs synchrones. On reconnut ainsi que les parafoudres Westinghouse du type DE étaient suffisants pour empêcher les élévations anormales de tension dues aux manœuvres, aux courts-circuits et aux effets des orages ordinaires; mais qu'ils ne pouvaient décharger la ligne assez rapidement quand un orage violent éclatait dans le voisinage de celle-ci; c'est cette constatation qui conduisit à l'adjonction de parafoudres à cornes. — Pendant l'année 1904, cinq orages des plus violents éclatèrent dans le voisinage de la ligne; trois seulement firent fonctionner les parafoudres à cornes de Shawinigan et de Joliette; mais il n'y eut aucune interruption du service, bien que l'un des orages endommageât 15 et un autre 25 des poteaux de la ligne. — En 1905, les deux lignes de transmission étant en service, les parafoudres à cornes fonctionnèrent à plusieurs reprises; il fut remarqué que ceux d'une ligne ne fonctionnaient pas en même temps que ceux de l'autre, ce qui semble indiquer que malgré la faible distance des deux lignes elles ne sont pas influencées de la même manière; les interrupteurs automatiques placés à la station génératrice fonctionnèrent toujours de façon satisfaisante. Dans aucun cas il n'y eut d'interruption du service.

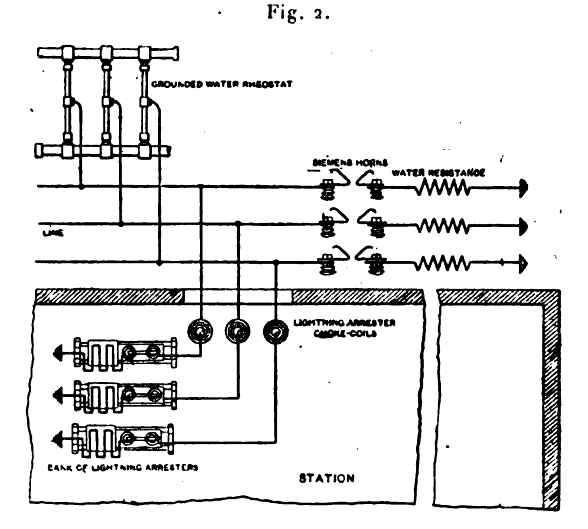
Sur les parafoudres employés sur les lignes de transmission italiennes à haute tension, par PHILIP TORCHIO (*Proc. of the Am. Inst. of Elect. Eng.*, t. XXIV, oct. 1905). — Suivant l'auteur, les parafoudres du modèle ordinairement employé aux États-Unis, même complétés par l'installation des parafoudres à cornes aux extrémités et en divers points de la ligne, ne paraissent pas suffire pour mettre les installations italiennes à l'abri des perturbations produites par la foudre ou par la manœuvre des appareils connectés aux lignes. Aussi, les ingénieurs italiens ont-ils été amenés à adjoindre à ces appareils d'autres dispositifs de protection, parmi lesquels l'auteur signale plus spécialement le parafoudre Gola et les résistances liquides placées en dérivation sur les lignes. — Le parafoudre Gola a été décrit ici antérieurement (t. III, p. 65, 15 fév. 1905) et la Communication de M. Torchio ne nous apprend rien de nouveau sur son sujet. — Les résistances liquides sont utilisées dans de nombreuses installations; en général, elles sont disposées à chaque extrémité de la ligne entre chaque conducteur et la terre. La figure 1 indique la disposition adoptée

Fig. 1.



à la station de Morbegno, du chemin de fer à courant triphasé de la Valteline : trois tubes de verre sont montés, avec joints isolants (rubber joint) entre deux conduites amenant et emmenant l'eau; au milieu de chacun des tubes de verre est un manchon métallique relié à chacun des conducteurs de ligne; le tout est monté sur une charpente métallique placée hors de la station; l'intensité du courant allant de chaque conducteur à la terre est de 0,2 ampère, la tension entre fil et terre étant de 11 000 volts. A Paderno se trouve un dispositif ne différant du précédent qu'en ce que la longueur et le diamètre des tubes sont plus grands.

Fig. 2.



— L'auteur indique en terminant l'ensemble des dispositifs qui paraît devoir assurer une protection efficace : la figure 2 qui représente cet ensemble montre qu'il comporte : des résistances liquides (grounded water rheostat), des para-



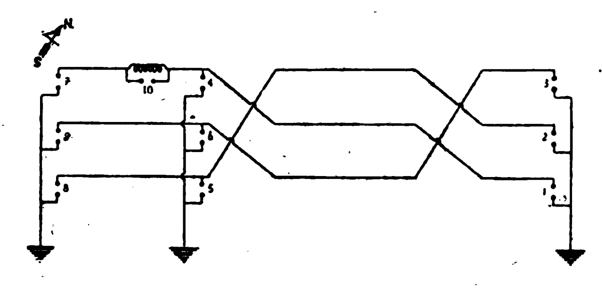
foudres à cornes (Siemens horns) avec résistances à eau (water resistance) sur le circuit de terre; enfin, à l'intérieur de l'usine, des bobines de réactance (shoke-coils) en série avec des parafoudres ordinaires (lightning-arresters).

Procédé pour enregistrer le fonctionnement des parafoudres, par N.-J. NEALL (*Electrical World*, t. XLVI, p. 779, 4 nov. 1905). — Ce Mémoire a été, comme les deux précédents, présenté à la séance du 27 octobre de l'American Institute of Electrical Engineers, mais n'a pas encore été publié dans les *Proceedings* de cette Société. — Le procédé employé par l'auteur consiste à placer dans le circuit de décharge d'un parafoudre une feuille de papier que l'on renouvelle aussi souvent que l'on peut, en particulier après chaque orage; le papier est percé par la décharge et l'aspect du trou permet de tirer quelques conclusions sur la nature de la décharge par comparaison avec ce que l'on obtient avec des décharges de nature connue. Pour réaliser ces dernières, l'auteur prend un condensateur à haute tension placé en dérivation sur un éclateur; si le circuit de décharge n'a pas de résistance sensible, un papier placé sur ce circuit présente un trou à bords déchiquetés; si l'on interpose sur le circuit une résistance considérable, on obtient un très petit trou à bords lisses; si le courant continue à passer le trou s'élargit, ses bords se carbonisent, mais restent lisses. — En vue de recueillir quelques données sur le fonctionnement des parafoudres installés sur les réseaux des États-Unis, la Westinghouse Co a, l'an dernier et au début de cette année, distribué des feuilles de papier identiques aux ingénieurs d'un grand nombre de ces réseaux. A cause de différences dans les installations et particulièrement dans la valeur de la tension (dont les limites extrêmes étaient 6600 et 55000 volts), la comparaison des papiers perforés n'a pas permis de se rendre compte de la valeur relative des divers types d'interrupteurs; toutefois, elle a fourni quelques renseignements intéressants sur le fonctionnement aux tensions de 25 000 à 30 000 volts des nouveaux parafoudres Westinghouse du type LE (low equivalent) dont nous donnons plus loin la description. On a pu constater, en effet, que les perforations des papiers placés sur le circuit de ces parafoudres présentaient des bords déchiquetés indiquant que le circuit n'offre pas de résistance appréciable à la décharge. Cette conclusion se trouve confirmée par la comparaison des papiers précédents avec d'autres placés sur le circuit de parafoudres du modèle ancien, les uns sans résistance, les autres avec résistance dans le circuit de terre : lorsqu'il n'y avait pas de résistance en série, les papiers étaient percés de trous à bord déchiquetés; lorsqu'il y avait une résistance les trous étaient à bords nets. Il semble également résulter de l'examen des papiers relatifs aux parafoudres LE que la connexion entre la ligne et la terre est rompue aussitôt que la décharge a passé; en d'autres termes, que le courant de ligne ne passe pas par le circuit dérivé à la terre, dès que la surtension a cessé; en outre, ces parafoudres laissent aussi bien passer les surtensions faibles résultant de la manœuvre des interrupteurs ou des variations de charge, que les surtensions importantes produites par la foudre. — D'après l'auteur, le fonctionnement de ces parafoudres LE différerait suivant la fréquence plus ou moins grande des surtensions : la décharge produite par une surtension de faible fréquence s'écoulerait au sol à travers la résistance en dérivation sur les « espaces-shunt » sans produire d'étincelles entre les cylindres qui forment ces derniers : au contraire, les surtensions de haute fréquence (ou encore celles des tensions exceptionnellement grandes) donneraient lieu à des décharges franchissant les « espaces-shunt ». — Une autre conclusion intéressante, mais très discutable, tirée par l'auteur de ses essais, c'est que les surcharges, même celles dues à la foudre, sont très loin d'être aussi importantes qu'on pourrait le croire d'après les dégâts parfois causés par elles; il pense, en effet, que ces surcharges se bornent à cribler les isolants de petits trous qui ne modifient pas l'isolement de la ligne tant que leur nombre est restreint, mais qui, quand ils sont suffisamment nombreux, provoquent un court-circuit ou une mise à la terre : les dégâts observés seraient donc dus au passage du courant de ligne et non aux décharges atmosphériques qui ne feraient que préparer peu à peu le passage de ce courant.

Discussion des trois communications précédentes (*Elect. World*, t. XLVI, p. 779). — Parmi les remarques ou critiques faites dans la discussion qui a suivi ces trois communications, et à laquelle ont pris part MM. P.-H. Thomas, C.-F. Scott, W.-S. Franklin, H.-C. Wirt, H.-G. Stott, C.-P. Steinmetz, etc., nous signalerons les suivantes : — M. Thomas estime que la protection contre les effets d'un coup de foudre direct sur la ligne est difficilement réalisable avec la plupart des parafoudres en usage parce que la résistance intercalée sur le circuit de terre ne permet pas le départ assez rapide de la charge d'électricité apportée par le coup de foudre; il croit qu'on obtiendrait de meilleurs résultats avec un parafoudre dont le circuit de terre serait sans résistance mais contiendrait un coupe-circuit fusible; il ne méconnaît pas que cette disposition est peu pratique, car il faut remplacer le fusible après qu'il a fonctionné, mais il croit que l'on surmonterait cet inconvénient en disposant en parallèle plusieurs intervalles d'air, chacun en série avec un fusible et ajustés pour des tensions différentes. — M. Scott fait observer que les propriétés que doit posséder un parafoudre sont différentes suivant la nature de la décharge, la position de l'appareil sur la ligne, l'intensité et la tension du courant. La pratique montre en effet que les troubles résultant de charges sont moins importants sur les lignes à haute tension que sur celles à basse tension, sans doute parce que ces dernières conduisent des courants plus intenses et que la destruction plus ou moins complète des parafoudres dépend dans une large mesure du courant qui les traverse. — Le professeur Franklin est d'avis que le circuit de terre devrait n'opposer qu'une très faible résistance au passage des courants de haute fréquence tout en étant résistant pour le courant de basse fréquence transmis par la ligne; comme les premiers restent confinés dans les couches superficielles des conducteurs, il serait possible de réaliser cette double condition en intercalant dans le circuit une substance isolante recouverte d'une couche de matière conductrice, le chlorure de platine par exemple. — En réponse à une observation de M. Hallberg, M. Wirt dit que souvent le mauvais fonctionnement des parafoudres est dû à la variation considérable qu'éprouve la résistance en charbon placée sur le circuit de terre; on éviterait cet inconvénient en prenant des résistances en carborundum. — Suivant M. Stott il est impossible de réaliser d'une manière simple les deux conditions opposées que doit remplir un parafoudre : laisser passer sans difficulté les surtensions et arrêter le courant de ligne. — M. Steinmetz discute la nature des perturbations qui peuvent être produites sur une ligne soit par la manœuvre des appareils, soit par les phénomènes atmosphériques. Bien qu'on sache peu de chose sur ces derniers il est cependant permis d'affirmer qu'ils peuvent produire une décharge oscillante, un courant puissant de fréquence normale et des ondes de basse fréquence se propageant simultanément. En ce qui concerne les perturbations causées par la manœuvre des appareils, il fait remarquer que les troisième, neuvième et quinzième harmoniques d'un réseau triphasé peuvent se combiner de manière à donner des ondes de basse fréquence. Dans le cas d'un réseau aérien, la ligne pourrait être soustraite à toute perturbation d'origine extérieure en l'entou-

rant d'un écran conducteur, écran qui peut être approximativement réalisé par un fil aérien relié au sol en des points suffisamment rapprochés. Quant aux parties souterraines des réseaux, la pratique a montré qu'elles n'ont rien à craindre des perturbations d'origine atmosphérique, mais que par contre elles sont très sensibles aux ondes provoquées par un changement dans les conditions de fonctionnement du réseau. En ce qui concerne les parafoudres M. Steinmetz fait remarquer que pour franchir plusieurs intervalles d'air disposés en série une décharge de haute fréquence doit avoir une tension égale à la tension disruptive correspondant à une distance égale à la somme des intervalles, tandis que la tension d'une décharge de basse fréquence doit être sensiblement la somme des tensions explosives correspondant à chaque intervalle; la tension des ondes de haute fréquence n'a donc pas besoin d'être aussi grande que celle des ondes de basse fréquence pour franchir le même nombre d'intervalles en série et par suite les premières traverseront plus facilement que les secondes un parafoudre à multiples intervalles. M. Steinmetz fait encore observer que le rôle principal de la résistance placée dans le circuit de terre est d'empêcher la décharge de devenir oscillatoire et de prévenir ainsi la formation d'ondes internes dans le réseau.

Étude de perturbations d'origine atmosphérique dans les réseaux, par N.-J. NEALL (*The electric Club Journal*, t. II, p. 141-151, mars 1905). — Cette étude a été faite pendant l'été 1902 sur une ligne de 10^{km} environ de longueur, située au sud de Salt Lake City, dans une vallée encaissée entre deux chaînes de montagnes s'élevant de plus de 600^{m} au-dessus du fond. La ligne était isolée des autres lignes du réseau et chacun de ses conducteurs était muni de

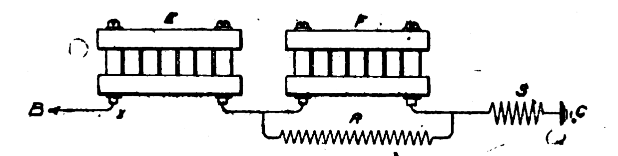


trois éclateurs ayant un de leurs pôles relié au sol comme l'indique la figure; un dixième éclateur était disposé en parallèle sur une bobine de self-induction (du type de celles employées dans le montage des parafoudres) placée en série sur l'un des conducteurs. Des feuilles de papier étaient placées entre les pôles des éclateurs et ces feuilles de papier étaient fréquemment changées. L'article contient de nombreuses photographies des perforations observées sur les feuilles de papier. Ce que nous avons dit plus haut au sujet de la communication récente de l'auteur à l'American Institute of Electrical Engineer nous dispense d'insister plus longuement sur cet article.

Sur les parafoudres, par N. J. NEALL (*Elect. World*, t. XLVI, p. 68, 8 juin, d'après *Elect. Journ.*, juin). — L'auteur donne la description de divers types de parafoudres ainsi que quelques instructions sur leur montage. Il insiste sur la nécessité d'avoir un circuit de décharge aussi peu inductif que possible et d'avoir une excellente prise de terre. Pour cette dernière on doit creuser dans le sol un trou à section carrée de $1^{m},20$ de côté jusqu'à ce qu'on rencontre la terre humide; couvrir le fond d'une couche de coke en morceaux de la grosseur d'un pois; placer sur ce lit une plaque de cuivre étamée de 1^{m^2} de surface, soudée au fil de terre sur une grande longueur; couvrir cette plaque d'une nouvelle couche de coke; enfin remplir le trou de terre en tassant celle-ci avec de l'eau.

Sur les parafoudres en usage aux États-Unis, par N. J. NEALL (*Elect. World*, t. XLVI, p. 492, 16 septembre; d'après *Elect. Journ.*, août). — Dans l'article original l'auteur donne une description détaillée des parafoudres employés dans les installations américaines. Il divise ces appareils en quatre groupes : parafoudres à multiples intervalles entre cylindres en métal « étouffeur d'arc »; mêmes appareils avec résistance; mêmes appareils mais avec disposition telle qu'une partie des intervalles se trouvent en série sur le trajet de la décharge, l'autre partie en dérivation sur le circuit de décharge, disposition appelée « low-equivalent »; enfin parafoudres à cornes. Suivant les renseignements fournis par trois compagnies exploitantes ces derniers appareils fournissent une protection très efficace contre les fortes surtensions; cependant, on leur reproche de ne pas couper assez rapidement la décharge, laquelle dure une seconde ou une seconde et demie et provoque des perturbations importantes dans le réseau.

Parafoudre Westinghouse type LE. — On sait que le parafoudre ordinaire de la Westinghouse Co est un parafoudre genre Wurts. Il est formé par une série de cylindres à surface rugueuse, en métal « étouffeur d'arcs », montés les uns à côté des autres en laissant entre eux un petit intervalle; l'un des cylindres extrêmes est relié à la ligne, l'autre au sol par un circuit contenant une résistance; on règle la distance entre cylindres et le nombre des cylindres suivant



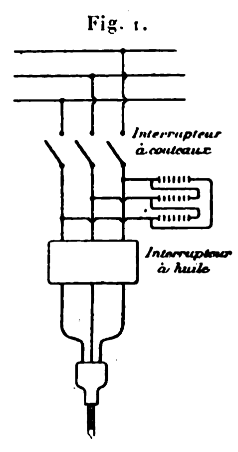
la tension de la ligne à protéger. Le type LE, dont il est souvent question dans les communications de M. Smith et de M. Neall, est constitué par deux parafoudres du même genre montés comme l'indique la figure ci-jointe. Le parafoudre E, dénommé à « espaces-série », est relié d'une part à la ligne B, d'autre part à une résistance R et au second parafoudre F, à « espaces-shunt »; une résistance série S reliée au sol en C complète le dispositif. La décharge qui a franchi les espaces-série franchit ensuite les espaces-shunt, la dérivation R lui opposant une résistance trop grande pour qu'elle la traverse, au moins dans certains cas ainsi qu'il a été dit plus haut. Cette résistance joue deux rôles dans la coupure du circuit dérivé; en premier lieu, elle provoque l'extinction des arcs dans les espaces-shunt dès que la surtension a cessé dans la ligne; en second lieu, elle diminue suffisamment l'intensité du courant dérivé pour que les arcs ne puissent plus subsister dans les espaces-série.

Méthodes de protection contre les surtensions actuellement employées dans les réseaux de transport d'énergie, par DUSAUGEY (*Bul. Soc. int. des Elect.*, 2ᵉ s., t. V, p. 109-133, 1905). — Le compte rendu de cette Communication a déjà été publié ici (t. III, p. 82, 15 fév.); il y a été donné quelques indications sur les dispositifs utilisés dans diverses usines des régions alpine et méditerranéenne pour combattre les surtensions; nous les compléterons d'après le Mémoire original.

La Société d'Énergie électrique du Littoral méditerranéen possède environ 180^{km} de lignes aériennes et 22^{km} de lignes souterraines à 10000 volts et 60^{km} de lignes aériennes à 26000 volts. Ces lignes sont protégées uniquement par des parafoudres à intervalles multiples du type Wirt, de la

General Electric Co, branchés entre pôle et terre; les intervalles, de chacun $2^{mm},5$, sont au nombre de 16 sur les lignes à 10000 volts et au nombre de 48 sur les lignes à 26000 volts; sur les conducteurs de terre sont placées des résistances en charbons de 250 ohms chacune, au nombre de 8 (soit 2000 ohms) pour 10000 volts et de 24 (soit 6000 ohms) pour 26000 volts. — Au point de raccordement de la ligne aérienne avec la ligne souterraine on a installé, entre la ligne aérienne et l'interrupteur à huile (*fig.* 1), un limiteur de tension

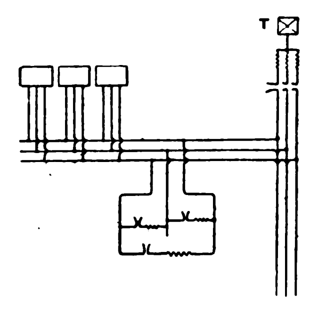
Fig. 1.



entre les trois pôles; chaque branche de ce limiteur est composée de 9 intervalles de $1^{mm},5$, soit $13^{mm},5$ au total, et de 4 charbons de 2500 ohms, soit 10000 ohms au total; on a ainsi une distance disruptive beaucoup plus faible que dans les parafoudres ($13^{mm},5$ au lieu de 20^{mm}), mais d'autre part une résistance beaucoup plus considérable (10000 ohms au lieu de 2000).

La Société d'Energie électrique de Grenoble et Voiron exploite un réseau aérien à 15000 volts de 50^{km} à 60^{km} de développement traversant des régions orageuses; aux débuts de l'exploitation (1898), alors que le réseau était mal protégé par des parafoudres primitifs, on eut à déplorer des dégâts considérables au matériel; dans ces dernières années aucun dégât appréciable du fait des surtensions ne se produisit. — Les dispositifs de protection de l'usine, représentés schématiquement par la figure 2, comprennent 1° une batterie de parafoudres à cornes réglées à 13^{mm} d'écart et possédant dans leur

Fig. 2.

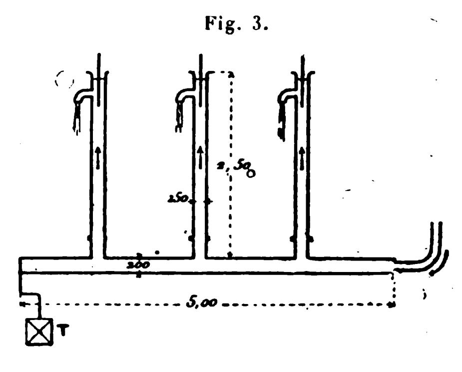


circuit de terre une résistance en sable humide de 8000 ohms; ces parafoudres sont hors l'usine, mais sont abrités par une construction spéciale; il n'y a pas de bobines de réactance entre les parafoudres et les machines à protéger, mais cette partie de la ligne a été rendue aussi inductive que possible; 2° une batterie de limiteurs de tension à fonctionnement discontinu, placée dans l'usine entre les transformateurs et les départs de lignes; chaque limiteur est constitué par un parafoudre à cornes de 7^{mm} d'écart; une résistance ohmique de 14000 à 15000 ohms est intercalée dans chaque circuit. — Sur la ligne, on a supprimé les nombreux parafoudres placés à l'origine à des intervalles de 2^{km} à 3^{km} pour les remplacer par un ou deux postes seulement judicieusement situés et très soigneusement installés. On a ainsi fait disparaître les nombreuses causes d'arrêt (chutes de tension, courts-circuits) dues au fonctionnement intempestif des premiers appareils et l'on a à peu près supprimé les nombreux percements d'isolateurs qui se produisaient à chaque orage. — Dans les sous-stations de transformateurs, on a, soit des batteries de parafoudres à cornes analogues à celle de l'usine, sans limiteur de tension, soit des batteries de parafoudres à intervalles multiples genre Wirt.

La Société hydro-électrique de Vizille exploite un réseau triphasé aérien à 10000 volts de 30^{km} à 40^{km} de longueur, directement connecté aux alternateurs qui fournissent 10000 volts; les alternateurs sont ainsi particulièrement exposés aux surtensions, et en fait ils subirent de nombreux dégâts avant l'installation des dispositifs de protection actuels.

Dans les sous-stations de transformateurs, ces dispositifs consistent en parafoudres à cornes avec, dans le circuit de terre, une résistance ohmique constituée par des tuyaux en grès de 80^{cm} de longueur, remplis d'eau. — A l'usine sont placées des bobines de self-induction et un limiteur de tension à fonctionnement continu; le limiteur est constitué par trois tubes de grès (*fig.* 3), de $2^{m},50$ de long et 15^{cm} de diamètre,

Fig. 3.

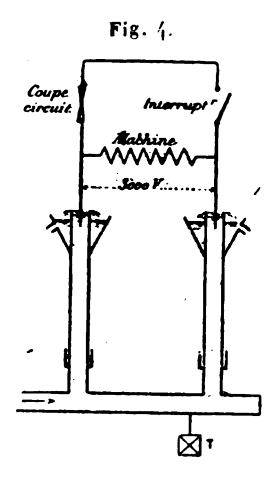


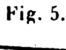
fixés sur un tuyau de fonte de 5^{m} de longueur et 20^{cm} de diamètre mis à la terre; un courant d'eau, amené par la partie inférieure, circule de bas en haut dans les tubes de grès; chaque conducteur de la ligne est mis en communication avec l'eau d'un de ces tubes par un fil de dérivation qui plonge de quelques centimètres dans le liquide; cet appareil consomme environ 5 kilowatts, soit environ 0,3 ampère par colonne.

Le réseau Chèvres-Genève est protégé par des limiteurs à fonctionnement continu imaginé par M. Graizier, directeur des Services électriques de la ville de Genève, au cours d'essais de différents modèles de coupe-circuits à haute tension. Le conducteur extérieur des câbles à deux conducteurs, qui amènent à Genève les courants triphasés de l'usine de Chèvres, est relié directement à la terre; le conducteur intérieur de chacun des deux câbles qui constituent une ligne est relié à un fil de cuivre de 6^{mm} de diamètre plongeant dans un tube de verre cylindrique rempli d'eau courante (*fig.* 4); la colonne d'eau a $0^{m},50$ de longueur; l'intensité du courant de circulation est de 0,1 ampère. Le réseau de distribution de Chèvres comprend également des lignes aériennes à courants diphasés, à 4 fils, à 5000 volts; à la suite de nombreux accidents de transformateurs attribués à la foudre, on plaça des résistances liquides, analogues

aux précédentes, au départ des lignes; depuis, aucun transformateur ne fut détérioré.

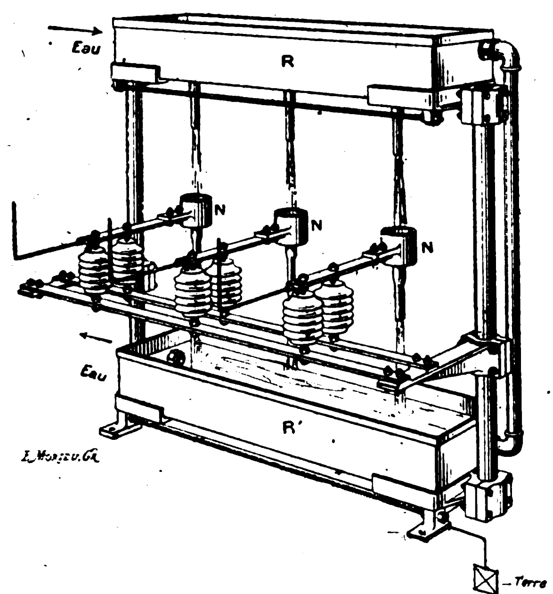
Fig. 4.





La Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, qui exploite un réseau aérien triphasé à la tension de 15000 volts, protège ses lignes et ses machines par des appareils à fonctionnement discontinu et par des appareils à fonctionnement continu. Les premiers sont du type à cornes avec résistance liquide sur le circuit de terre.

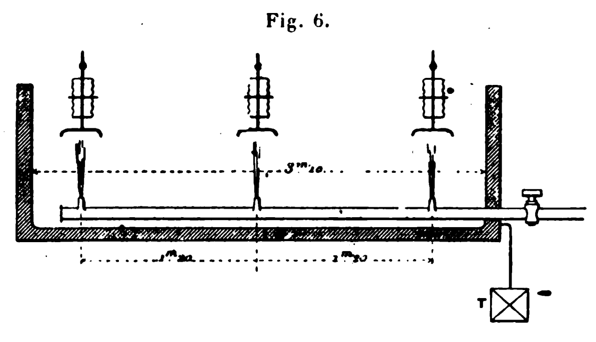
Fig. 5.



Les appareils à fonctionnement continu, construits par les Ateliers d'Œrlikon, sont représentés par la figure 5; chaque conducteur est mis à la terre par une résistance liquide constituée par une colonne d'eau s'écoulant librement, d'une part, entre un premier réservoir R alimenté par une conduite et trois entonnoirs N reliés à chacun des pôles et, d'autre part, entre ces conducteurs et un second réservoir R'; les deux réservoirs sont reliés ensemble et à la terre.

La Société hydro-électrique du Guiers (Isère) protège son réseau, de 70^{km} environ, triphasé à 1500 volts, par deux limiteurs de tension à eau situés, l'un à l'usine, l'autre vers le centre de gravité du réseau; ces appareils sont analogues à ceux des usines de Chèvres et de Vizille. L'eau circule dans des tuyaux de grès de 50^{mm} de diamètre intérieur; la dépense d'eau est d'ordinaire 3^{l} par minute; la consommation d'énergie est d'environ 3 kilowatts.

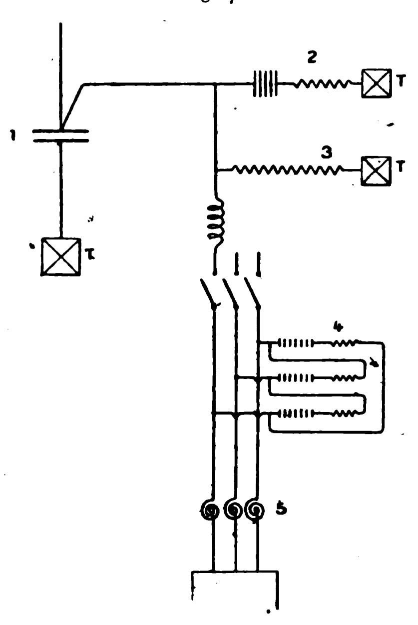
Fig. 6.



La Société d'Applications industrielles installe sur les réseaux qu'elle construit et, en particulier, sur celui de la Société méridionale d'Électricité, un limiteur de tension à fonctionnement continu, dans lequel la mise à la terre des lignes se fait par l'intermédiaire de trois jets d'eau qui jaillissent contre des coupelles auxquelles sont reliés les conducteurs (*fig.* 6); le tuyau d'amenée est mis à la terre.

La figure 7 représente l'ensemble des dispositifs que préconise M. Dusaugey pour la protection efficace des lignes

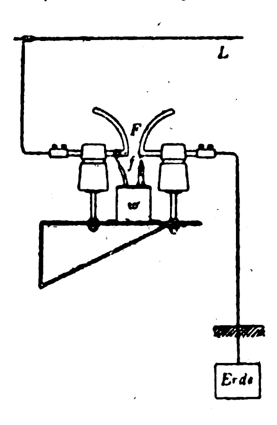
Fig. 7.

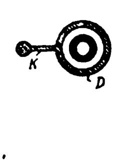


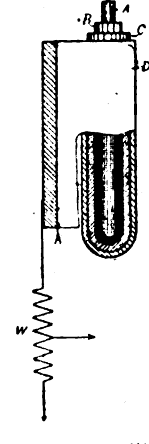
contre toute espèce de surtension. En 1 est un parafoudre discontinu, à grande distance explosive avec extincteur à cornes ou à soufflage magnétique, ou les deux réunis, sans résistance sur le circuit de terre; ce parafoudre ne doit fonctionner que pour des tensions 5 à 6 fois plus grandes que celle du réseau. En 2 est monté un parafoudre discontinu à un ou plusieurs intervalles disruptifs en série, avec ou sans souffleur magnétique et avec une résistance ohmique sur le circuit de terre; il devra s'amorcer pour une tension égale à 1,5 fois celle du réseau. En 3 est un limiteur de tension

continu, de préférence hydraulique. Enfin en 4, entre les interrupteurs et les machines, est un limiteur de tension à fonctionnement discontinu entre phases, servant non seulement à parfaire l'installation au point de vue de la protection contre les surtensions extérieures, mais encore à protéger les machines contre les surtensions causées par le fonctionnement des interrupteurs.

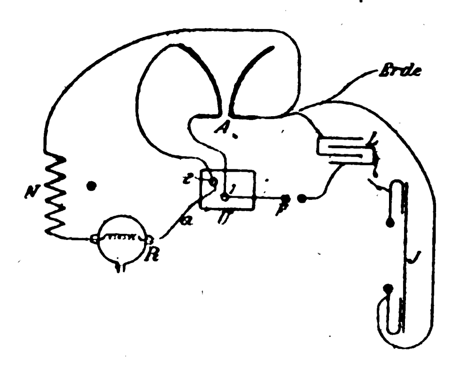
Parafoudre et limiteurs de tension des Land- und Seekabelwerke Cöln-Nippes (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 194-195, 23 février 1905). — Le parafoudre, représenté par la figure ci-jointe, se compose de deux cornes F et d'une résistance *w* reliée d'une part à la corne en communication avec la ligne, d'autre part à une boule métallique proche de l'autre corne. Le réglage de la tension à partir de laquelle doit fonctionner l'appareil s'effectue en modifiant la distance *f* de cette boule et de cette corne. Dès que la tension limite est atteinte, une étincelle jaillit en *f* et cette étincelle, par échauffement ou par ionisation, amorce l'arc en F. L'avantage de cette disposition est le suivant : le flux d'électricité qui passe en *f*, se trouvant limité à une faible valeur par la résistance *w*, ne peut détériorer les deux pôles; dès lors la résistance explosive et par suite le potentiel de décharge se trouvent avoir toujours les mêmes valeurs; tandis que si l'on voulait régler le potentiel de décharge au moyen de la coupure principale F on n'y parviendrait pas, la fusion des bords des cornes par la décharge modifiant, à chaque fonctionnement de l'appareil, la longueur de cet intervalle d'air. — Le limiteur de tension, que l'auteur appelle « tambour de Zapf », est destiné à protéger les câbles d'un réseau mi-aérien, mi-souterrain. Il consiste en quelques spires du câble à protéger, enroulées sur un tambour isolant plongé dans un récipient plein d'huile; l'enveloppe de plomb du câble est mise en communication avec la terre par un circuit contenant un interrupteur. Ces spires forment bobine de self-induction empêchant les surtensions alternatives de la ligne aérienne de passer dans le câble; comme, en outre, l'isolement de ces spires a été rendu plus faible que l'isolement du reste du câble, la rupture du diélectrique se produit dans ces spires et la ligne se trouve mise à la terre. L'interrupteur placé sur le circuit de terre est utilisé à couper la communication jusqu'au moment où le défaut est réparé. — Un autre limiteur de tension, basé sur le même principe, est employé sur les canalisations entièrement souterraines. L'âme du câble à protéger est reliée à une tige métallique A entourée de deux couches isolantes B et C, la couche extérieure C étant en substance incombustible; le tout est enveloppé dans un tube de plomb D placé dans un bain d'huile et portant une projection K reliée à la terre. La résistance d'isolement de l'appareil étant inférieure à celle du câble à protéger, la rupture de l'isolant se produira de préférence dans l'appareil. La mise à la terre, avec l'un et l'autre de ces limiteurs de tension, n'est d'ailleurs que momentanée, l'huile dans laquelle ils sont plongés remplissant bientôt le canal formé par le passage de l'étincelle. Ces appareils peuvent être complétés par un dispositif avertisseur consistant en une sonnerie, placée à l'usine et reliée d'une part à la terre, d'autre part au circuit de terre à l'appareil : quand la décharge passe à travers celui-ci, la sonnerie est mise en action.

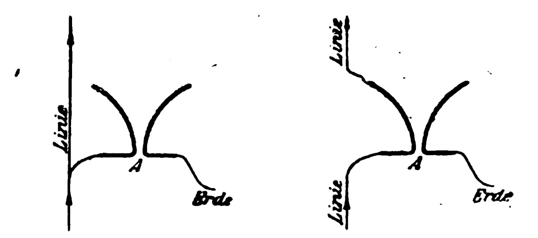






Sur le fonctionnement des parafoudres et sur l'influence des bobines d'inductance, par F. Nebsen (*Elek. Zeit.*, t. XXVI, p. 301-304, 30 mars 1905). — Dans cet article l'auteur donne en détail les résultats des mesures qu'il a faites pour déterminer l'énergie qui traverse une ligne portée brusquement à un potentiel élevé et protégée par un parafoudre. Le dispositif expérimental est indiqué sur la figure ci-dessous. Une machine à influence de Tœpler J charge un condensateur L constitué par un nombre variable de bouteilles de Leyde; quand le potentiel atteint une certaine valeur, réglée par l'intervalle explosif *p*, une décharge se produit en *p*; une partie de cette décharge s'écoule à la terre (Erde) par le parafoudre A et une autre partie par le circuit formé par le fil *a*, le thermomètre de Riess R et la résistance inductive N: un commutateur permet de mettre l'une des deux parties du parafoudre en série avec la ligne (tel est le cas pour les connexions de la figure) ou de la mettre en dérivation (en reliant directement les deux godets de mercure 1 et 2, et en supprimant la liaison de 2 avec le parafoudre). La partie gauche de la figure ci-dessous indique ce que l'auteur désigne par montage du parafoudre en parallèle avec la ligne (Linie); la partie droite montre ce qu'il appelle montage en série. La quantité d'énergie qui traverse la ligne est donnée par l'élévation de température que prend le thermomètre de Riess. — Les essais ont porté sur sept parafoudres : deux parafoudres à cornes Siemens et Halske, dont l'un à cornes rondes, l'autre à cornes plates; un parafoudre à cornes A.E.G; un parafoudre genre Wurts; trois parafoudres du genre de ceux employés en télégraphie,





à plaques dentelées. L'auteur a constaté que, quels que soient le potentiel de décharge et la quantité d'électricité mise en jeu, l'énergie de la fraction de la décharge qui traverse la ligne est toujours plus faible lorsque le parafoudre est monté en série que lorsqu'il est monté en parallèle (elle est neuf fois plus faible avec les parafoudres à cornes, deux à trois fois avec les parafoudres à plaques); le montage en série donnerait donc une protection plus efficace que le montage en parallèle; l'auteur croit attribuer la supériorité des parafoudres à cornes sur les parafoudres à plaques dans le montage en série à la plus grande self-induction des premiers. Lorsqu'on fait varier le potentiel de décharge (en modifiant l'intervalle p) ou la quantité d'électricité mise en jeu (en augmentant ou diminuant le nombre des bouteilles de Leyde), l'énergie de la décharge traversant la ligne reste sensiblement la même pour un même parafoudre. Si l'on fait varier la self-induction de la résistance N, on fait également varier l'énergie de la décharge traversant la ligne; mais l'auteur est d'avis que l'insertion de bobines d'inductance dans la ligne à protéger constitue un mode de protection souvent utile mais toujours imparfait.

Parafoudre à relais des Siemens-Schuckertwerke, par A. Dina (*Elek. Zeit.*, t. XXVI, p. 415-490, 25 mai 1905). — Dans le « parafoudre-relais », construit par Siemens-Schuckert, on amorce la décharge principale en faisant éclater des étincelles de haute fréquence entre les cornes réglées à une distance explosive bien supérieure à celle qui correspond au voltage des surtensions à combattre. Ces étincelles auxiliaires sont produites par un circuit oscillant CFC'P intercalé entre la ligne et la terre d'après le schéma de la figure 1. W est une résistance de ballast, s un fusible, C un condensateur, F un éclateur, C' un autre condensateur et P le primaire d'un transformateur Tesla dont le secondaire S est relié à la corne A, d'une part, puis à la terre et à l'autre corne B par la dérivation SPCsB. Le mode de distribution des quatre parties essentielles C, F, C', P sur les deux dérivations du circuit oscillant n'a, en pratique, aucune importance, pourvu seulement que chacune de ces dérivations renferme un condensateur capable d'arrêter l'écoulement du courant de la ligne vers la terre. Aussitôt que la différence de potentiel entre les armatures du condensateur C (différence de potentiel identique d'ailleurs à celle existant entre la ligne et la terre) a atteint la limite pour laquelle on a réglé l'éclateur F, ce condensateur se décharge à travers le circuit CFC'P et communique une partie de sa charge au condensateur C', en donnant naissance à des courants de fréquence très élevée, car la capacité totale (C et C' en cascade) correspondant à la décharge ainsi que la self-induction (celle de la bobine P à spire unique avec ses fils de jonction) sont très faibles. Le processus de la décharge reste toujours le même, à savoir fréquence constante et intensité des oscillations constante, quel que soit le mode de charge du condensateur, c'est-à-dire quel que soit le phénomène qui a provoqué des surtensions, charge statique ou autre. La décharge oscillante induit, comme on sait, dans le secondaire S des courants de haute tension et, par les chemins SA, SPCsB, des étincelles éclatent entre les deux cornes en ionisant l'intervalle d'air qui les sépare. On peut donc régler celui-ci à une distance relativement grande, mais en pratique on ne dépassera pas 3^{mm} à 4^{mm}. Le grand avantage de ce système sur les dispositifs nombreux où l'on emploie une coupure auxiliaire réside dans ce fait que les deux intervalles explosifs peuvent se régler indépendamment l'un de l'autre et qu'ils n'ont plus besoin d'être rapprochés.

Fig. 1.

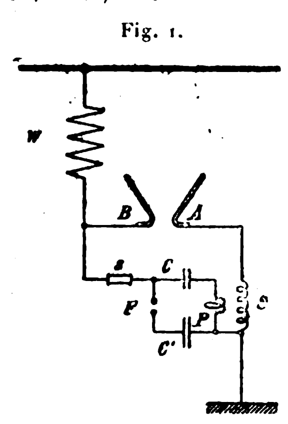
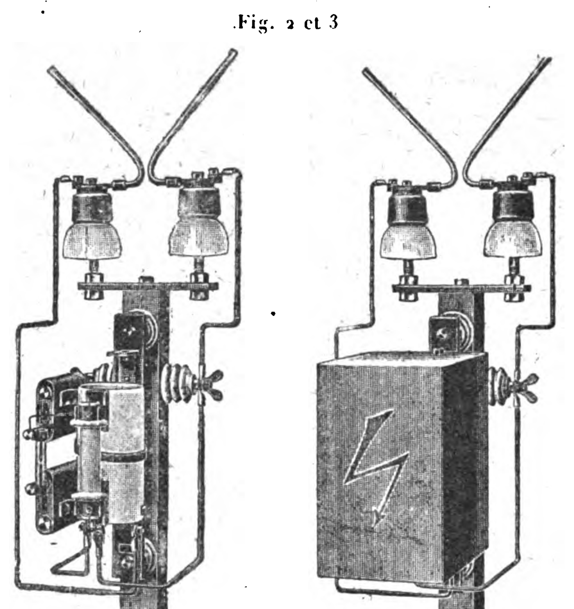


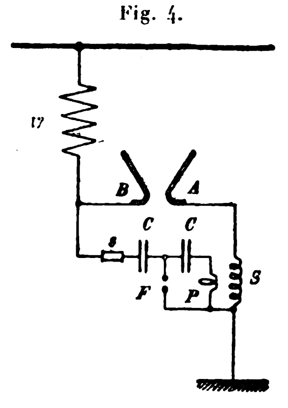
Fig. 2 et 3



Dans l'appareil de Siemens-Schuckert, les capacités respectives de C et C' sont 0,005 et 0,01 microfarad; les dimensions extérieures sont les mêmes pour les deux condensateurs : $14^{cm} \times 9^{cm} \times 3^{cm}$. Les essais de rigidité électrostatique relatifs à C sont faits à une tension permanente de 6000 volts et à une tension intermittente de 12000 volts, ce qui répond à peu près à toutes les exigences de la pratique; néanmoins, dans le cas où l'isolant viendrait à claquer, on a prévu le fusible s qui couperait le circuit oscillant du réseau, le parafoudre restant toujours en ligne prêt à fonctionner dans les conditions ordinaires, si l'on a pris la précaution de ne pas écarter les cornes polaires de plus de 3^{mm} à 4^{mm}, comme il a été dit plus haut. Le condensateur C' qui ne supporte la tension que juste pendant la décharge ne subit pas d'épreuves aussi rigoureuses.

Le primaire P du Tesla n'a qu'une spire; le secondaire S en a vingt de 8^{cm} de diamètre; son coefficient de self-induction est de 25×10^{-6} henry. Les figures 2 et 3 représentent l'appareil tout installé. L'enroulement secondaire est logé dans un tube de porcelaine autour duquel est enroulée la spire primaire; ce tube sert aussi de support aux condensateurs C, C' et au fusible s : toutes les pièces se remplacent facilement.

Fig. 4.

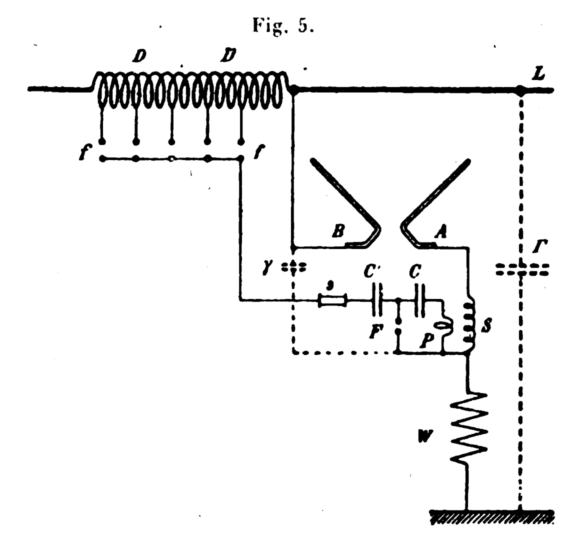


Une première variante est indiquée par le schéma de la figure 4. Ici les deux condensateurs C et C' sont disposés en cascade et le primaire du transformateur est en dérivation sur l'un d'eux, C dans

le cas actuel. Ce dispositif à l'inconvénient de maintenir les deux condensateurs constamment sous tension, mais il permet, d'autre part, d'utiliser l'appareil pour des tensions beaucoup plus élevées, puisque celles-ci se répartissent alors sur les deux condensateurs. L'éclateur F se règle toujours d'après la différence de potentiel appliquée aux armatures de C.

Une deuxième variante s'applique plus spécialement aux usines génératrices produisant des courants à haute tension. Pour se protéger, elles installent sur chaque conducteur une batterie de parafoudres avec intercalation de bobines de réactance, ce qui exige beaucoup de place. Or il est facile de concevoir que l'amorcement de la décharge peut se faire en plusieurs points alors que la décharge principale éclatera en un parafoudre unique. On est alors conduit au montage de la figure 5. Si, au moment où se produit une surtension,

Fig. 5.



le parafoudre AB n'a pas fonctionné, il y aura certainement une des coupures de la série *ff* qui laissera passer une décharge, laquelle engendrera dans le circuit oscillant la succession des phénomènes décrits plus haut, avec cette seule différence que les étincelles venant de S se rendent aux cornes par SA et SγB, γ figurant ici la faible capacité du fil qui relie S à B. Ces étincelles à haute tension ne présentent aucun danger pour les enroulements des machines, car, alors même qu'elles n'éclateraient pas en AB, elles seraient étouffées dans les bobines de réactance D.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : CHAMBERLAIN. USAP. 800902, 12 janvier 1904. — DIXON. BF. 356423, 16 juillet 1905. — GRISSON. BF. 355079, 18 mai 1905 (circuit à court-circuit mécanique). — HUBBARD. USAP. 798414, 24 juin 1903. — MARTINETTO. USAP. 799177, 18 fév. 1904.

Canalisations : *Conducteurs* : FRIEDRICH. DRP. 163187, 2 sept. 1904 (protecteur pour câbles). — LAND- UND SEEKABELWERKE. DRP. 165287, 3 déc. 1904 (câble électrique). — SIEMENS et HALSKE A.-G. BF. 356232, 19 juillet 1905 (conducteur pour courant alternatif). — *Conduites, supports, attaches, isolants* : AYRES. USAP. 800052, 800053, 800054 et 800055, 13 mars 1905 (conduites pour fils électriques). — BOITELET et SPIGEL. BF. 356028, 10 juillet 1905 (isolant électrique et son procédé de fabrication). — FOREMAN. USAP. 799726, 16 mars 1905 (isolateur). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 165946, 25 octobre 1904 (isolateur). — MATHIAN. USAP. 801190, 28 déc. 1904 (isolateur). — MATTHEY et Cie (SOCIÉTÉ ANONYME). BF. 356819, 11 août 1905 (matière isolante d'électricité et procédé de fabrication de ladite). — MIDDLETON. BF. 355363, 19 juin 1905 (composé isolant). — PYROBOLITH. A.-G. DRP. 164434, 24 janvier 1905 (isolant). — RICHARD-GINORI (SOCIETA CERAMICA). BF. 355436, 21 juin 1905 (isolateur). — SALIBURY. USAP. 799191, 20 juillet 1904 (mode d'attache des conducteurs). — TWIGGS. USAP. 798235, 9 mai 1904 (isolateur). — WELLER. BF. 355698, 28 juin 1905 (pilier de support pour conducteurs électriques). — WINN. USAP. 799957, 2 nov. 1904 (supports pour gros câbles). — *Connexions, joints* : MEUNIER. BF. 355857, 4 juillet 1905 (appareil combinateur pour connexions électriques). — MILLS. USAP. 799748, 27 déc. 1904 (jonction de fils). — PIEPER et L'HOEST. BF. 356783, 9 août 1905 (accouplement pour câbles exposés à se rompre). — PINTSCH. DRP. 163860, 18 juin 1904 (jonction de câbles).

Prises de courant : *Bornes, boîtes de jonction* : BOUCHET. USAP. 798319, 9 août 1904 (borne). — FARRINGTON. USAP. 799896, 23 sept. 1904 (contact électrique). — GRANOUX et Cie. BF. 356807, 16 août 1905 (bouchon de prise de courant à broches). — KLEIN. USAP. 799989, 23 sept. 1904 (boîte de jonction). — NIELSEN. USAP. 799183, 16 janvier 1903 (boîte de jonction).

Interrupteurs : BRIGHAM. USAP. 800204, 19 mars 1904. — DONNELL (MAC). USAP. 800315, 5 août 1903. — ELEKTRICITÄTS AKT. GES. DRP. 163140, 8 oct. 1904 (interrupteur automatique). — ELLIASSON. BF. 356249, 19 juillet 1905. — FUHRMANN. DRP. 162721, 17 janv. 1903 (disjoncteur à maxima et à minima). — GRANOUX et Cie. BF. 356808, 16 août 1905 (mécanisme pour interrupteur de courant électrique à bouton-poussoir). — HILLIARD. USAP. 799790, 17 nov. 1902. — MORHET. BF. 355066, 3 mai 1905 (disjoncteur-conjoncteur). — PFINGST. USAP. 796146, 24 oct. 1904. — ZANI. BF. 355689, 28 juin 1905.

Commutateurs : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 165819, 2 sept. 1904. — BAEHCKER. DRP. 165437, 26 août 1904. — BENASSY. USAP. 799135, 17 déc. 1904. — BERGMANN. DRP. 162723, et 165947, 28 oct. et 2 déc. 1904. — BETCHE. DRP. 162722, 28 juin 1904. — BUECHL. DRP. 162758, 24 nov. 1903. — CLARK. DRP. 165286, 8 nov. 1904 (commutateur à mercure). — CONNER. USAP. 799146, 17 mars 1904. — CUTLER. USAP. 799721, 24 mars 1905. — DEWSON. USAP. 798270, 2 nov. 1901. — FELDMANN. DRP. 165817, 1er fév. 1905. — HEWLETT et EMMETT. USAP. 800916, 15 janv. 1900. — INTZEN. DRP. 162944, 5 juin 1904. — ISARWERKE. DRP. 165815, 29 sept. 1904. — MACKU. BF. 356162, 13 juillet 1905. — NEUMANN et REGENSTEINER. DRP. 165082, 9 nov. 1904. — PERKINS. USAP. 800482, 18 oct. 1904. — REAMER (DE). USAP. 798397, 19 déc. 1904.

Résistances et Rhéostats : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 162865, 10 juin 1904. — BRISTOL. USAP. 800792, 18 avril 1905.

Coupe-circuit : ADAMS. USAP. 798124, 20 mai 1903. — CRANDALL. USAP. 800609, 19 nov. 1904. — BERGMANN. DRP. 165816, 22 oct. 1904 (coupe-circuit fusible). — DAVIS. USAP. 798171, 26 déc. 1901. — GUÉNÉE. BF. 355902, 25 janv. 1905. — MEBANE. USAP. 800586, 2 août 1904. — ROLFE. USAP. 800820, 800822 et 800825, 27 juillet 1904, 20 janvier 1902 et 13 février 1903. — SACHS. USAP. 800404, 14 déc. 1903. — SEVECKE. DRP. 165818, 11 mars 1905. — SNYDER et HARDISON. USAP. 799684, 8 août 1904.

Parafoudres : GARSON. DRP. 165326, 9 nov. 1904 (bobine de réactance pour parafoudre). — THOMSON-HOUSTON. BF. 355734, 26 juin 1905 (perfectionnements aux parafoudres).

TRACTION.

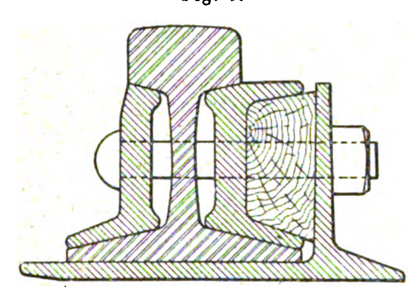
Les joints de rails. Rapport présenté à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railway Journal,* t. XXVI, p. 571, 30 septembre 1905).

Il y a actuellement deux méthodes différentes employées pour obtenir un bon passage du courant de retour à la jonction des rails :

1° Les joints mécaniques, employés surtout sur les lignes interurbaines où la voie est exposée, dans lesquels on trouve un éclissage métallique réuni aux deux rails par un moyen mécanique : boulonnage ou rivetage. Le joint Weber représenté figure 1 et

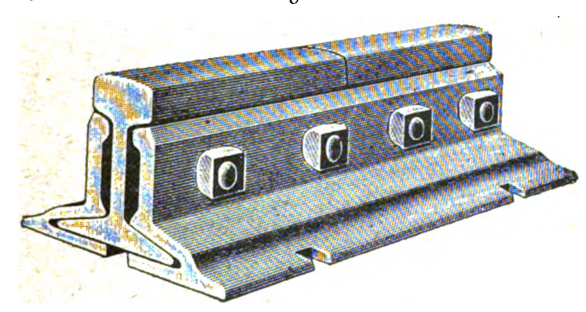


Fig. 1.



le joint dit *continu* représenté sur la figure 2 sont les meilleurs.

Fig. 2.



Pour la confection de ces joints mécaniques, on commence par nettoyer les extrémités des rails par un jet de sable envoyé à l'aide d'une pompe montée sur un chariot à chevaux. Le perçage des trous de rivets se fait avec une petite perceuse pneumatique alimentée par un chariot à chevaux. Le rivetage se fait également à l'aide d'un appareil pneumatique dépendant d'un chariot à chevaux portant des réservoirs d'air.

2° Les joints soudés (procédés à la thermite, au zinc, à l'électricité, à la fonte), qui sont décrits dans les Mémoires suivants, sont appliqués sur les voies urbaines, noyées dans les chaussées.

Le procédé de soudure des joints par l'électricité est celui qui exige l'outillage le plus encombrant et le plus coûteux; viennent ensuite le procédé au zinc et le joint fondu; le procédé à la thermite est celui qui, de beaucoup, demande le matériel le plus simple.

Tous les procédés de joints continus, à présent qu'ils sont au point, donnent des résultats excellents et comparables; c'est donc le prix de revient qui décidera du choix, à moins de circonstances particulières [1]. L'auteur n'a pu obtenir aucun prix sur les joints au zinc exécutés par la Compagnie de l'acier Lorrain. Cette même Compagnie a donné, pour les joints soudés électriquement, le prix de 30^{fr} à $27^{fr},50$ par joint suivant la quantité qui ne peut être inférieure à 3000 joints. Les joints soudés à la thermite coûtent $22^{fr},50$, dont la majeure partie provient de la dépense de produit; il faut y ajouter $6^{fr},25$ pour le pavage et le dépavage; soit, au total, $28^{fr},75$ par joint. Le joint fondu coûte $13^{fr},75$, plus 5^{fr} pour le pavage et le dépavage; soit, au total, $18^{fr},75$. Le joint soudé à la fonte est donc actuellement le plus économique. Toutefois, si l'on arrivait à réduire de 50 pour 100 ou plus le prix de la matière employée dans les joints à la thermite, ce procédé pourrait prendre une grande extension, parce qu'il n'exige qu'un matériel excessivement faible et peut, par conséquent, être employé par les Compagnies de tramways elles-mêmes sans que celles-ci aient besoin de recourir à des entrepreneurs pour effectuer leurs joints.

CH. J.

Les joints soudés électriquement. Mémoire lu à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway Mechanical and Electrical Association (*Street Railway Journal,* t. XXVI, p. 578 à 580, 30 sept. 1905). — Le matériel pour la soudure électrique des rails comprend deux chariots automoteurs, un contenant la machine à jet de sable et l'autre composé de deux véhicules portant l'un les appareils convertisseurs de courant et l'autre l'appareil de soudure proprement dit.

L'opération se divise en trois phases distinctes : le nettoyage, la soudure et le meulage. Le nettoyage se fait en envoyant sur les extrémités des rails un jet de sable produit par une machine à air comprimé, cet air étant fourni par un compresseur actionné par un moteur électrique de 10 chevaux à 500 volts. Les deux chariots de soudure sont réunis par un accouplement à glissières, dont on peut faire varier la longueur de manière à amener l'appareil à souder

[1] Dans la discussion qui a suivi, M. Reed déclare que les rails continus avec joints soudés que l'on avait critiqués au début, parce qu'on craignait qu'ils ne pussent pas supporter les efforts internes de contraction et de dilatation (leur longueur étant invariable), se sont comportés très bien en pratique, tandis que les joints mécaniques constituaient autrefois la bête noire des ingénieurs, parce que, au bout d'un certain temps, ils donnaient lieu à des contacts défectueux par les trous de boulons. Le procédé à la thermite convient bien pour la soudure des rails neufs, mais on a constaté que les rails usagés soudés se brisaient au droit des anciens trous de boulons. Les joints à la fonte sont peut-être les meilleurs, mais il n'est pas facile de contrôler la soudure qui dépend de bien des conditions variables.

juste au droit du joint sans avoir à ajuster la position du chariot convertisseur. Les appareils placés sur ce dernier consistent en un convertisseur à réglage automatique qui transforme le courant continu à 500 volts pris sur le trôlet en un courant alternatif de tension constante et égale à 300 volts et de fréquence 40. Le courant continu débité est d'environ 225 ampères. L'appareil à souder proprement dit, monté sur le second chariot, est constitué par un transformateur alimenté par le courant alternatif à 300 volts provenant du convertisseur et qui produit dans les mâchoires de soudure connectées à son circuit secondaire un courant alternatif de 7 volts et de très grande intensité (20000 à 25000 ampères); le circuit primaire plongé dans l'huile comporte deux bobines en parallèle de 44 spires chacune; le circuit secondaire est formé par une seule spire en barre de cuivre. Les deux mâchoires sont montées sur deux leviers, isolés électriquement, actionnés par un verin hydraulique mû à la main et donnant une pression initiale de 1860^{kg} qui, multipliée par les leviers, atteint 37 tonnes sur les mâchoires. L'opération de soudure se fait en serrant les faces de rail dans les deux mâchoires avec interposition de deux barres d'acier. On lance le courant dans le transformateur et l'on augmente progressivement la pression, puis on interrompt la pression et le courant; on soude de cette manière d'abord le centre, puis les deux bouts des barres [1]. Celles-ci ont une longueur plus grande lorsqu'il s'agit de rails usagés (1^{m},20 de long) que lorsqu'on a affaire à des rails neufs (il suffit alors de barres de 0^{m},45 de long), parce que les joints se rompaient autrefois, avant 1900, aux anciens trous de rivets. Un joint complet demande 12 à 15 minutes. La puissance employée pour faire un joint est de 125 kilowatts pendant 12,5 minutes environ. La troisième phase de l'opération consiste à meuler le joint avec une meule à émeri montée sur un petit truck que l'on fait rouler sur la voie jusqu'au droit du joint; la meule est reliée à un petit moteur électrique placé sur le truck par un flexible permettant de l'appliquer dans une direction quelconque pour planer les faces des joints.

On emploie les mêmes procédés de soudure électrique pour souder sur les rails les connecteurs en cuivre qui relient de distance en distance les deux files de rails d'une même voie ou les deux voies voisines.

La soudure électrique des rails a été appliquée à Rochester depuis 1897; on n'a constaté que 1 pour 100 de ruptures et sur les joints effectués depuis 1901 la proportion est tombée à $\frac{1}{10}$ de ce chiffre (6 ruptures sur 5308 joints) [2]. Dans les trois dernières années la Société de l'acier Lorrain, qui exploite la soudure électrique des rails, a fait des joints sur plus de 160^{km} de voies à Buffalo. CH. J.

Les joints fondus au cubilot. Mémoire présenté par SIMMONS à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway Mechanical and Electrical Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 581 à 583, 30 sept. 1905). — Une des premières applications du joint fondu a été effectuée dans les mois d'octobre et novembre 1894, sur les rails de tramways de la rue Chippewa, à Saint-Louis; 1 pour 100 seulement des 744 joints soudés se brisèrent. Les joints faits de la même manière l'année suivante sur les lignes de tramways de Milwaukee sont encore en très bon état après 10 ans de service, ce qui indique que ce système donne de très bons résultats si le travail est exécuté avec soin. La coupe d'un joint montre que la soudure du bloc de fonte entourant le rail est parfaite; les essais du joint donnent une conductibilité électrique de 100 à 150 pour 100 et jamais moins de 90 pour 100 de celle des rails.

L'opération se fait en amenant sur la voie, à l'aide d'un véhicule moteur à trôlet, contenant en même temps des outils, une voiture portant une machine à jet de sable et une autre portant un petit cubilot.

Il est nécessaire de bien nettoyer d'abord au sable les bouts des rails, après avoir enlevé les pavés voisins du joint. On entoure ensuite les extrémités des rails avec un moule en deux parties maintenu par deux pinces et une lourde barre appuyant sur la tête des rails et qui empêche en même temps l'échauffement des têtes de rails. On peut alors verser dans le moule, à l'aide d'une poche, le métal fondu à la manière ordinaire dans le cubilot et composé de 75 pour 100 de bon fer en saumons et de 25 pour 100 de riblons. Il faut environ 90^{kg} par joint. Pour que le joint soit bon il faut qu'il y ait incorporation du métal fondu dans une certaine épaisseur du rail et non soudure superficielle; on y arrive aisément. On a soudé dans les trois dernières années, à Milwaukee, 6000 à 8000 rails à l'aide d'un matériel acheté par la Compagnie de tramways elle-même; il n'y a pas eu une seule rupture depuis cette époque.

Des essais ont montré que la conductibilité d'un joint était de 100 à 170 pour 100 de celle du rail.

Le prix d'un joint est de 17^{fr},50; il faut y ajouter 5^{fr} pour le dépavage et le pavage dans le voisinage du joint s'il s'agit d'une voie existante et non d'une voie neuve. CH. J.

Les joints au zinc employés à Philadelphie. Mémoire présenté par NICHOLS et VOYNOW à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical electrical Association (*Street Railw. Journ.*, t. XXVI, p. 574 à 578, 30 sept. 1905). — Ces joints consistent à réunir les extrémités des rails préalablement nettoyées et chauffées par deux plaques en fer en forme de Z fixées à l'âme des rails par des boulons et à couler du zinc fondu dans l'intervalle compris entre ces plaques et les faces du rail; l'espace restant entre le dessus des plaques et le dessous du champignon est rempli par des semelles d'aluminium recouvert d'amiante. — D'après l'auteur ce système réunit les avantages du joint mécanique et du joint soudé sans en prendre les inconvénients: le zinc s'amalgame avec le fer et pénètre dans toutes les anfractuosités superficielles des rails et des éclisses; d'autre part on ne modifie en rien la nature chimique ni physique des rails et l'on n'empêche pas leur dilatation comme dans les joints soudés. Enfin on peut démonter facilement le joint quand on veut et, lorsque l'éclisse ou les rails sont usés, les zincs peut resservir. L'outillage nécessaire pour le procédé est simple et peu coûteux. L'auteur ne donne aucun renseignement sur le prix de revient du joint. — L'auteur estime qu'il y aurait intérêt à se servir d'un métal mou comme le zinc pour supporter les rails plutôt que de coussinets en métal dur comme le fer ou l'acier. CH. J.

Soudure des rails par le procédé à la thermite ou à l'aluminium. Mémoire présenté par PELLISSIER à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railw. Journ.*, t. XXVI, p. 572 à 574, 30 sept. 1905). — Les extrémités des rails sont d'abord débarrassées de la poussière avec une brosse métallique (il n'est pas nécessaire d'enlever la rouille), puis on les flambe avec une torche à gazoline pour enlever toute l'humidité. On aligne bien les rails et on les entoure avec un moule en deux parties dont on lute les jointures avec de

[1] Il est important de faire les soudures des extrémités avant le refroidissement de la soudure médiane, de façon qu'au refroidissement les deux bouts de rails soient serrés fortement l'un contre l'autre par l'effort de contraction.

[2] Il est à noter que la soudure électrique peut être faite sur des voies existantes sans avoir à enlever plus d'un rang de pavés à cause de la faible épaisseur des mâchoires de soudure, tandis que dans tous les autres procédés de soudure des rails on est obligé de dépaver sur un espace environnant beaucoup plus étendu.

l'argile; on étend également une couche d'argile délayée sur le champignon des rails à moins qu'on ne veuille souder le rail par sa face supérieure, ce qui se fait rarement. On saupoudre le moule de sable et l'on place au-dessus un petit creuset dont on obture le trou de coulée par un tampon d'amiante et que l'on remplit ensuite de thermite. — La thermite est un mélange de poudre d'aluminium et de sesquioxyde de fer. On sait que si l'on enflamme un tel mélange, par exemple à l'aide d'un peu de poudre d'aluminium en ignition et de peroxyde de baryum, il continue à brûler sans apport de chaleur extérieure, avec développement d'une température très élevée, évaluée à 3000°. L'oxyde de fer est décomposé en fer qui, en raison de la haute température à laquelle il est produit, s'unit entièrement au métal sur lequel il est coulé [1]; l'alumine formée surnage le bain. — La réaction est très rapide, il y a bouillonnement pendant 10 secondes et la liquation est achevée après 20 secondes. On ouvre alors le trou de coulée, le métal se répand dans le moule et la soudure du joint est faite sur les flancs et la base des rails en une minute; la scorie d'alumine s'accumule sur le rail. On laisse le joint refroidir dans le moule pendant 15 minutes, ou à la rigueur pendant 5 minutes seulement si l'on fait l'opération sans interrompre le service. On retire ensuite le moule et l'on enlève la boule de scorie coulée sur les rails. — Le matériel et l'opération sont, comme on le voit, extrêmement simples. Une équipe de 4 hommes peut faire 18 à 20 joints par journée de 10 heures. — La première application du procédé à la thermite a été faite à Essen, patrie de l'inventeur, le Dr Goldschmidt, en 1899, puis dans diverses autres villes du continent; 1000 à 1200 joints furent effectués en 1900. Les résultats obtenus ayant été satisfaisants, le procédé se répandit sur une assez grande échelle, par exemple à Leeds, Dresde et Singapore : 2600 joints furent faits en 1902 et 20000 en 1903. Une société s'est formée en 1904 pour l'exploitation du système en Amérique et a effectué la même année un essai de soudure sur 1600^{m} de voie reconstruite par la Société des tramways de Holyoke : sur 170 joints soudés, 2 seulement furent défectueux et refaits aussitôt; depuis un an aucune autre rupture ne s'est produite malgré un hiver rigoureux; l'alignement de la voie s'est bien conservé dans une courbe de 100^{m} de rayon. La dépense a été de 31^{fr},65 par joint. En présence de ces résultats, la Compagnie a exécuté, en 1905, un millier de joints; 3 seulement ont été défectueux et ont eu besoin d'être refaits. Le prix du joint a été de 26^{fr},25, se décomposant comme suit :

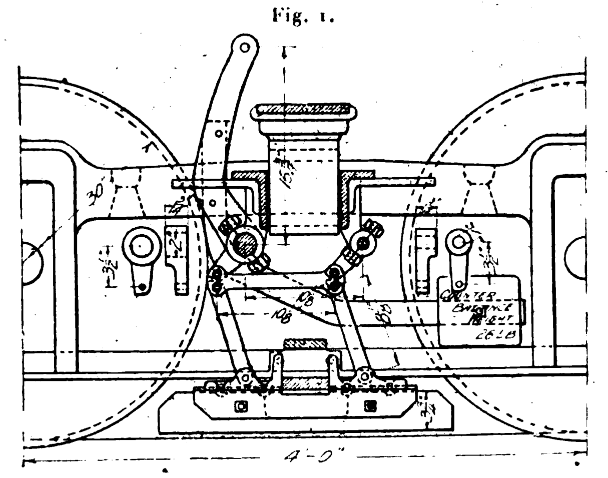
	fr
Thermite	21,25
Main-d'œuvre	2,50
Entretien et amortissement du moule	1,00
Entretien et amortissement du creuset	2,25
Divers	0,25

Quand il s'agit de faire des joints sur des rails existants il faut, bien entendu, dépaver et repaver la chaussée au voisinage du joint, soit une dépense supplémentaire de 6^{fr},25.

La conductibilité de joints soudés de cette manière a été trouvée égale à celle d'un rail neuf. CH. J.

Frein d'urgence agissant sur le rail. Mémoire présenté par BOLDER à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 590 et 591, 30 sept. 1905). — M. Douglas a commencé, en 1895, à San Francisco, ville exempte de neige, glace et verglas, mais comportant des rampes très fortes, l'essai d'un frein sur rail qui fut appliqué et fonctionna jusqu'en 1899 sur 12 voitures à 2 essieux. Il a été étendu ensuite par l'inventeur à des voitures à bogies, mais il n'est pas applicable, faute de place, aux trucks du type des Master cars Builders. — La figure montre l'application à un truck à bogies.

Fig. 1.



Le système consiste en un sabot articulé par des bielles à un levier solidaire d'un contrepoids qui tend à faire appliquer le sabot sur le rail. Ce levier communique, par l'intermédiaire de tiges et chaînes (non représentées sur la figure), avec une poignée maintenue encliquetée au repos. En déplaçant cette poignée située sur la plate-forme de la voiture, le sabot vient, sous l'influence du contre-poids, se coller sur le rail. Ce frein fonctionne sur des lignes comportant un grand nombre de rampes de 10 à 12 pour 100, quatre de 14,5 pour 100 et une de 17,5 pour 100. On l'avait créé d'abord comme frein de secours, mais on l'a trouvé si commode que l'on s'en sert continuellement comme frein de service, en appliquant d'abord le frein des roues puis le frein du rail. Comme il a été dit au début, il n'a pas eu à fonctionner sous la neige, la glace et le verglas, mais il fonctionnerait probablement bien dans ces conditions, dit l'auteur.

Ce frein a l'avantage, fait remarquer l'auteur, d'être extrêmement simple, très efficace et indépendant puisqu'il est actionné à la main. CH. J.

L'entretien et la visite de l'équipement électrique. Rapport à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 618, 30 sept. 1905). — Le président M. Pestell explique que le Comité n'a pas pu étudier la question à fond et la reprendra à la prochaine Convention.

Il signale, d'après les réponses reçues, la tendance générale de typification que l'on constate dans toutes les entreprises de tramways des États-Unis. M. Doyle déclare que les tramways de New-York ont réalisé par cette méthode des économies importantes résultant d'une inspection plus facile et d'un travail moindre. M. Olds dit qu'à Milwaukee on a typifié toutes les pièces mécaniques; on emploie depuis plusieurs années les mêmes boîtes à huile et sabots de freins sur toutes les voitures. Il estime que la typification est utile sur du nouveau matériel mais non sur de l'ancien. M. Winsor pense qu'il est préférable d'espacer les visites du matériel d'après le parcours plutôt que d'après le temps de service; c'est ce qu'on fait à Boston et à Saint-Louis. M. Stearn dit qu'à Chicago toutes les parties de l'équipement sont visitées une fois par semaine; l'opération occupe un homme pendant 10 heures. CH. J.

[1] Si l'on veut souder des pièces en acier on ajoute à la thermite, de l'acier, du charbon ou du manganèse, de manière à obtenir un métal analogue à l'acier de l'objet.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Télautographe Karl Gruhn (*Génie civil*, t. XLVII, p. 416, 20 oct., d'après *Praktische Maschinen Konstrukteur*, 12 oct.). — Le principe de cet appareil ne paraît pas différer de celui du télautographe Gray décrit antérieurement dans ces colonnes (t. III, p. 117). Le transmetteur comprend une tablette sur laquelle l'expéditeur écrit le message avec un crayon spécial; les mouvements du crayon sont transmis, par des leviers articulés, à des plots de contact qui agissent sur les résistances d'un pont et les modifient à chaque nouvelle position du crayon, modifiant en même temps le courant lancé dans la ligne. Le récepteur comprend deux galvanomètres à miroir; un rayon lumineux réfléchi par les deux miroirs vient impressionner une bande de papier photographique et reproduit les déplacements de la pointe du crayon du transmetteur; la bande de papier passe automatiquement dans des bains révélateur et fixateur et sort de l'appareil en présentant le fac-similé de l'écriture de l'expéditeur. Le transmetteur et le récepteur sont réunis dans une même boîte portative. L'appareil peut fonctionner sur une ligne téléphonique et il est possible de téléphoner en même temps que l'on utilise l'appareil.

Dispositif Marconi pour l'accord des stations (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 929, 5 octobre 1905). — Marconi a indiqué un nouveau montage récepteur qui permet un accord plus net des stations en même temps qu'il protège plus complètement contre les troubles atmosphériques. — La figure 1 en représente le schéma. A désigne l'antenne qui est reliée à la bobine *l* par un contact glissant, C un condensateur, *g* et R les bobines d'accouplement (montage indirect), G et E deux prises de terre, E étant reliée également à la bobine *l* par un contact glissant. La bobine secondaire R est en relation avec un détecteur, magnétique ou électrolytique. Pour établir la résonance des circuits, on

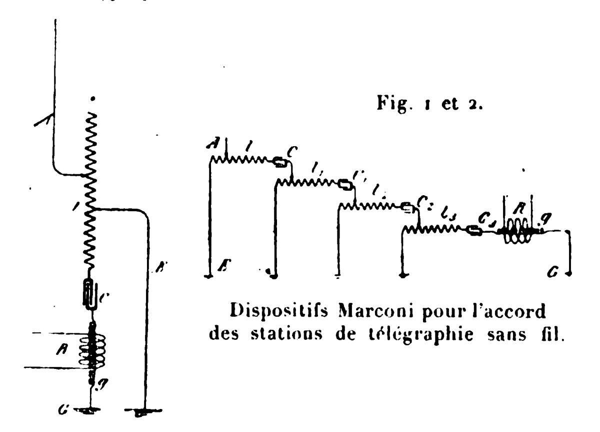


Fig. 1 et 2.

Dispositifs Marconi pour l'accord des stations de télégraphie sans fil.

détache d'abord la jonction E et l'on déplace le contact de A jusqu'à obtenir le maximum de netteté dans les signaux reçus. Le contact E est ensuite rétabli et déplacé à son tour jusqu'à ce qu'on ait, pour les signaux, la même netteté que précédemment. La position du contact E dépend naturellement de la longueur d'onde employée et la jonction se fait en un nœud de vibration. Si des trains d'ondes pour lesquels la jonction E n'est pas un nœud parviennent à l'antenne, ils se rendent à la terre et le récepteur n'est pas influencé. De cette manière, on obtient un accord très net et les troubles atmosphériques sont atténués dans une large mesure. — Si l'on utilise plusieurs circuits disposés comme l'indique la figure 2, ce *tamisage* des ondes est encore plus parfait et les influences atmosphériques sont éliminées presque complètement.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Allumeur de mines Siemens et Halske (*L'Industrie électrique*, t. XIV, p. 446-449, 10 oct. 1905). — On emploie dans les mines deux sortes d'allumage : l'allumage par étincelle et l'allumage par incandescence. Dans le premier, l'amorce est placée entre les deux pôles d'un fil conducteur interrompu et son explosion est provoquée par l'étincelle; dans le second, l'amorce est munie d'un fil très résistant qui est porté à l'incandescence par le courant. Avec le premier système il faut un courant de tension assez élevée, ce qui rend difficile un bon isolement; en outre, le circuit étant nécessairement interrompu aux amorces, il est impossible de s'assurer par un essai avec faible courant de la continuité des conducteurs. Le second système n'a pas ces inconvénients, mais le plus souvent il est appliqué dans des conditions défectueuses qui en ont retardé l'extension. Ainsi on dispose ordinairement les mines en dérivation afin que si une ou plusieurs mines se trouvaient détériorées les autres puissent faire explosion; dans ces conditions il faut un générateur de courant d'assez grande puissance pour alimenter les divers circuits et ce générateur ne peut que difficilement être mû à la main. D'autre part, quand on dispose les amorces en série, la pratique montre que l'effet des générateurs dépend, dans une certaine mesure, de l'adresse de l'homme chargé de sa manœuvre, ce qui se conçoit aisément, car, si le courant n'a pas dès le début une intensité suffisante pour porter rapidement à l'incandescence tous les fils des amorces, certains de ces fils peuvent être rendus incandescents avant d'autres et les mines correspondantes peuvent éclater pendant que les autres ratent. — Comme, en somme, le système en série permet de s'assurer facilement avant la mise en jeu que toutes les amorces sont en bon état au moyen d'un essai à faible courant, que, d'autre part, il a sur le système en dérivation l'avantage de diminuer la longueur des conducteurs et la puissance du générateur, il convenait de trouver un générateur dont le fonctionnement fût indépendant de l'adresse de l'ouvrier chargé de sa manœuvre. Pour atteindre ce résultat, la maison Siemens et Halske se sert d'une dynamo shunt dont l'armature est mue par un ressort que l'on arme en tournant une poignée; quand on veut produire l'explosion il suffit d'appuyer sur un bouton qui déclanche le ressort; dans les premiers instants de la rotation, la machine s'excite et tout le courant produit traverse le circuit inducteur seul, le circuit extérieur étant alors coupé; en continuant à appuyer sur le bouton, celui-ci pousse un contact fermant le circuit extérieur sur les balais de la dynamo et l'explosion se produit. La position du contact est réglée de telle sorte que l'excitation de la dynamo ait atteint son maximum quand ce contact ferme le circuit; le fonctionnement de l'appareil est donc tout à fait indépendant de la nervosité de l'opérateur. En outre, l'explosion ne pouvant se produire que quand le bouton de commande est poussé à fond, l'opérateur est toujours libre de choisir l'instant de l'explosion, lors même d'une mise en marche prématurée de la dynamo.

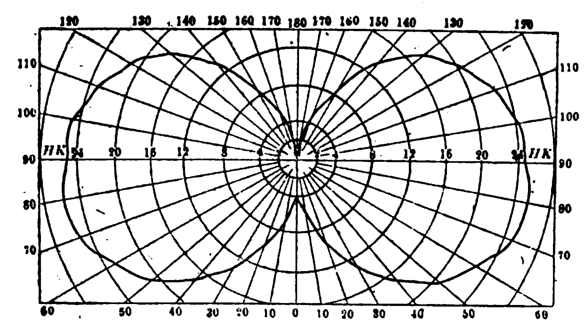
BREVETS RÉCENTS.

Chauffage : Consortium fur Elektrochemische Industrie A.-G. DRP. 164802, 23 décembre 1903. — Davis. USAP. 795201, 29 décembre 1904 (dispositif de lampes à incandescence pour le chauffage des manettes de contrôleur par temps froid). — Dice. USAP. 800084, 6 décembre 1904. — Mare (F. de). DRP. 162669, 17 février 1904. — Matcovitch. USAP. 791708, 3 août 1904 (chauffe-plat). — Revel. BP. 356489, 25 juillet 1905. — Richardson. 797226, 19 décembre 1904. — Rolfe. USAP. 793229, 12 janvier 1905 (fer à friser). — Morrisson. USAP. 799798, 7 novembre 1904. — Sager. USAP. 798300, 14 février 1905.

ÉCLAIRAGE.

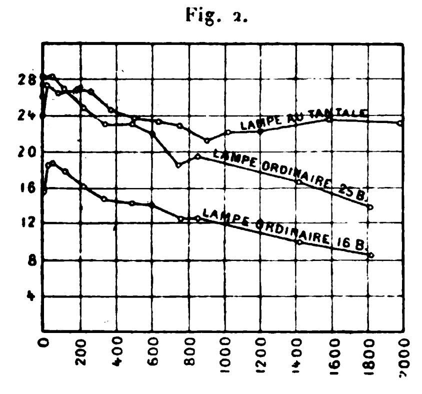
Essai des lampes au tantale, par W. WEDDING (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 943-947, 12 oct. 1905). — La figure 1 représente la distribution de la lumière émise par une lampe au tantale de 25 bougies consommant 0,3625 ampère sous 110 volts; des courbes trouvées il résulte que l'intensité moyenne sphérique est de 19,3 hefners

Fig. 1.



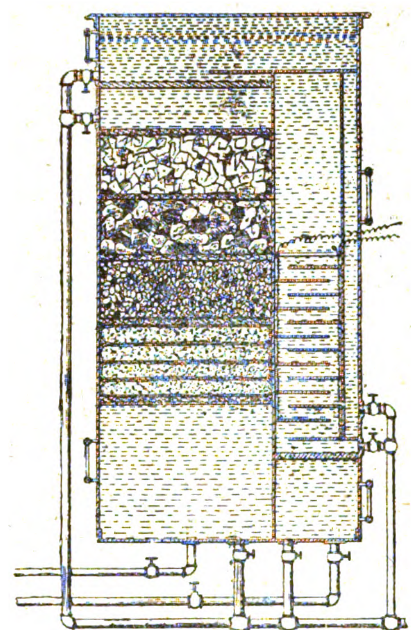
soit une consommation de 2,065 watts par hefner; la consommation par hefner, l'intensité étant mesurée dans le plan horizontal passant par le milieu de la lampe, est de 1,6 watt. — La figure 2 indique la variation avec le temps de l'intensité lumineuse horizontale d'une lampe au tantale de 25 bougies et de lampes à filament de charbon de 25 et de 16 bougies; ces mesures ont porté sur des groupes de quatre lampes de chaque espèce. La première rupture du filament dans chacune des lampes au tantale s'est produite au bout de 875, 1050, 1150 et 1275 heures; mais on sait qu'une rupture du filament n'entraîne pas nécessairement la mise hors d'usage de la lampe, car en général les deux portions de la partie rompue viennent en contact avec d'autres parties et la lampe continue à fonctionner; en particulier la lampe dont le filament se rompit une première fois au bout de 875 heures ne fut mise hors d'usage qu'après un fonctionnement de 1900 heures et 6 nouvelles ruptures survenues pendant les 200 dernières heures. — Des courbes de la figure 2 et de la puissance dépensée, il résulte que la consommation moyenne par hefner des lampes au tantale est de 1,68 watt au début, descend à 1,57 watt après 7 heures, remonte ensuite pour reprendre au bout de 85 heures la valeur initiale, continue à croître lentement jusqu'à atteindre 2,04 watts au bout de 905 heures, puis oscille entre de faibles limites jusqu'à la mise hors de service de la lampe. La consommation par hefner des lampes à filament de carbone de 25 bougies est d'abord de 3,44 watts, descend à 2,79 watts en 110 heures, puis remonte régulièrement jusqu'à atteindre 5,25 watts au bout de 1826 heures. La consommation par hefner des lampes de 16 bougies suit une variation analogue : 3,23 watts au début, 2,81 watts après 21 heures, 5,44 watts après 1826 heures.

Fig. 2.



ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Appareil pour la purification de l'eau par électrolyse (*Electrical World and Engineer*, t. XLVI, p. 787, 4 nov. 1905). — Nous avons déjà signalé ici (t. I, p. 221) la purification par électrolyse entre électrodes en fer de l'eau destinée à l'alimentation des chaudières à vapeur, purification attribuée à la formation d'une sorte de laque à base d'hydrate ferrique entraînant dans sa précipitation les substances en suspension dans l'eau et en particulier l'huile dans le cas particulier des eaux industrielles. Une société de New-York, la Electric Water Purifying and Filter Co, vient de mettre sur le marché un appareil utilisant le même principe pour la purification de l'eau destinée aux usages domestiques. Cet appareil, que représente la figure ci-jointe, comprend un électrolyseur et un filtre. La cathode de l'électrolyseur est constituée par la paroi même de l'appareil; des plaques horizontales en fer servent d'anodes. Sous l'influence du courant électrique les matières minérales en solution sont en partie décomposées et donnent lieu à un dépôt entraînant les matières organiques; ce qui ne se dépose pas au fond de l'appareil est arrêté par le filtrage. De plus la position donnée aux anodes force l'oxygène résultant de l'électrolyse à rester au contact de l'eau; il en résulte une oxydation des matières organiques et une destruction des microbes assez rapide pour que l'eau sortant de l'appareil se trouve stérilisée. — Des analyses faites sur une eau très impure contenant 340000 bactéries par centimètre cube ont montré qu'après traitement le nombre des bactéries était réduit à 75 et que ces bactéries étaient inoffensives. — Le coût de la purification serait d'environ 1,2 centime par mètre cube, en payant l'énergie électrique au prix de vente moyen de New-York.



BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et métaux : BETTS. USAP. 795887, 8 mars 1905 (raffinage de l'argent); BP. 15294, 1904 (électro-déposition d'antimoine). — BOLTON. USAP. 799441, 12 oct. 1904 (purification du tantale). — COMPAGNIE THERMO-ÉLECTRIQUE. BP. 11300, 1905 (fabrication de sulfure de cuivre). — GARDNER. USAP. 792307, 20 mai 1904 (électro-déposition d'antimoine). — GRANIER. BF. 353304, 18 mars 1905 (appareil pour l'électrolyse des chlorures alcalins). — JOHNSON. USAP. 798511, 5 janvier 1905 (appareil pour électrolyser l'air). — LESTER. USAP. 799605, 28 nov. 1904 (appareil pour la stérilisation de l'eau). — LIEBER. DRP. 165501, 21 sept. 1904 (préparation de dérivés du radium).

MESURES ET ESSAIS.

Frein dynamométrique électrique, par A. KREBS (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 757, 13 novembre 1905). — Dans cette Note l'auteur décrit un frein imaginé par lui et appliqué dans plusieurs usines de construction de moteurs à pétrole depuis quelques années déjà. — En voici la disposition : L'induit d'une dynamo est relié directement à l'arbre de la machine dont il s'agit de mesurer la puissance, de manière que son arbre soit le prolongement de celui de la machine. L'inducteur de la dynamo, portant les paliers de l'arbre de l'induit, au lieu d'être rigidement fixé au sol pour résister à la réaction du couple moteur, peut osciller lui-même autour de l'axe de l'induit au moyen de paliers à billes reposant sur le sol. Un levier est fixé à la carcasse de l'inducteur perpendiculairement à l'axe tournant et maintenu par deux butoirs lui permettant d'osciller légèrement au-dessus et au-dessous de la position horizontale. — Lorsque la machine est en mouvement, les actions qui tendent à faire tourner l'inducteur sont ; d'une part, le *frottement* de l'induit dans le champ magnétique; d'autre part, le frottement matériel des axes dans leurs coussinets et des balais sur le collecteur. Ces actions exercent une série de forces tangentielles, donnant lieu chacune à un moment par rapport à l'axe de l'arbre. La somme de ces moments tend à faire tourner l'inducteur. Un poids placé à l'extrémité du levier détermine un moment inverse qui maintient le système en équilibre horizontal si le mouvement de la machine est uniforme. — Ce dispositif remplit exactement les conditions du frein de Prony : il possède sur ce dernier, au point de vue pratique, les avantages suivants : 1° de substituer au réglage du frottement le réglage d'un courant électrique, lequel n'est pas exposé aux variations d'un coefficient de frottement; 2° de transformer en électricité, et non en chaleur, la presque totalité du travail produit par le moteur; 3° la durée de l'expérience peut être prolongée aussi longtemps qu'il est nécessaire sans crainte d'échauffement; 4° les vitesses de fonctionnement et la puissance peuvent être variées entre des limites éloignées (500 à 2500 t : m et 1 à 200 chevaux) en agissant sur le champ inducteur et le courant produit; 5° enfin les 85 à 90 pour 100 du travail effectué par le moteur peuvent être utilisés en travail industriel. — Lorsque la machine à essayer a une puissance trop grande pour un seul dynamomètre, il est possible de coupler ensemble deux appareils sur le même axe. — Le dynamomètre permet aussi de mesurer avec la même rigueur l'effort transmis par lui à un organe mécanique. Si cet organe mécanique est une transmission, on peut en obtenir le rendement mécanique en le commandant par un dynamomètre et en recueillant par un second dynamomètre le travail transmis. — En terminant l'auteur rappelle qu'en 1889 M. Marcel Deprez avait adopté un dispositif analogue de suspension de l'inducteur d'une dynamo pour obtenir la mesure de son rendement industriel.

Indicateur de vitesse « Vulcan » (*Electrician*, t. XXV, p. 992, 6 oct. 1905). — Cet appareil, présenté à la récente exposition d'Électricité de l'Olympia, se compose d'un galvanomètre thermique et d'une petite magnéto actionnée par l'essieu de la voiture dont on veut connaître la vitesse. La tension aux bornes de la magnéto et, par suite, les déviations du voltmètre sont proportionnelles à la vitesse; les indications inscrites sur le cadran de l'instrument donnent immédiatement la vitesse en miles par heure. Rappelons, à ce propos, que la Maison Chauvin et Arnoux construit depuis plusieurs années un indicateur de vitesse analogue, sinon identique, qui a été décrit dans ces colonnes (t. I, p. 149, 15 mars 1904).

DIVERS.

Sur la conductibilité électrique du sélénium, par MAURICE COSTE (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 715-717, 6 nov.). — Pour la mesure de cette conductibilité on fond généralement le sélénium entre deux plaques métalliques; par refroidissement on obtient le sélénium vitreux qui est isolant, et par recuit on obtient le sélénium métallique qui est conducteur. En opérant ainsi il se forme des séléniures métalliques qui modifient considérablement la conductibilité propre du sélénium. — L'auteur a essayé l'or, mais il y a encore une légère attaque. Le mieux est de remplacer les lames métalliques par du carbone pur. L'auteur a obtenu des résultats identiques avec deux variétés de carbone; l'une est préparée en calcinant à l'abri de l'air un fil de cellulose pure, puis en nourrissant le filament de carbone obtenu de la manière dont on nourrit les filaments de lampes à incandescence, c'est-à-dire en portant le filament au rouge, au moyen d'un courant électrique, dans une atmosphère de vapeur de pétrole; l'autre est du graphite de Sibérie, bien purifié, aggloméré avec un peu de kaolin et passé sous pression dans une filière en saphir. — Pour purifier le sélénium, l'auteur opère comme il suit : on dissout incomplètement le sélénium dans une solution de cyanure de potassium pur; la dissolution filtrée est versée goutte à goutte dans un grand ballon contenant une dissolution étendue et chaude d'acide chlorhydrique pur; le précipité lavé à l'eau chaude est traité à nouveau de la même façon; on fond et on distille à six reprises différentes dans le vide. — En observant au microscope du sélénium métallique, on constate la présence d'un grand nombre de fissures et de géodes. Cette structure s'explique ainsi : le sélénium métallique a une densité bien supérieure à celle du sélénium vitreux; la transformation commençant par la périphérie, celle-ci se contracte la première; ensuite les parties internes se contractent à leur tour en produisant des fissures. — La structure est plus ou moins caverneuse suivant les conditions de refroidissement; or la conductibilité dépend de la structure; on s'explique donc la divergence des résultats trouvés par divers auteurs. — Une élévation de température augmente toujours la conductibilité du sélénium caverneux; ce résultat s'explique par la dilatation, laquelle augmente l'étendue des surfaces en contact et la pression s'exerçant entre elles.

Sur le phénomène électrique créé dans les chaînes liquides symétriques pour les concentrations, par la formation d'une surface fraîche de contact, par M. CHANOZ (*Comptes rendus*, p. 759, t. CXLI). — Dans une Note antérieure (t. III, 30 mai 1905, p. 314), l'auteur a montré que la différence de potentiel entre deux liquides peut dépendre de la manière dont se fait le contact entre ces deux liquides. — Si donc on prend un même liquide A séparé par un liquide B, les deux parties du liquide A pourront se trouver à un potentiel différent si les deux contacts avec le liquide intermédiaire B ne sont pas identiques, par exemple, si l'un des contacts a été effectué sans précaution et l'autre constitué par l'écoulement du liquide moins dense sur le plus dense. — L'auteur a vérifié qu'il en est bien ainsi pour plus de 400 déterminations, dont quelques-unes sont relatées dans la Note.

Sur la constante diélectrique de l'air, par A. OCCHIALINI (*Phys. Zeit.*, t. VI, p. 669, 15 oct.). — L'auteur a mesuré cette constante à des pressions allant jusqu'à 200 atmosphères; il a trouvé qu'elle vérifie la formule de Mossotti $\frac{K-1}{K+2}\frac{1}{D} = 0,00016$. Étendant cette formule à l'air liquide, il trouve $K = 1,475$, nombre qui diffère peu de celui, 1,495, trouvé directement par Dewar.

BIBLIOGRAPHIE.

Ions, électrons, corpuscules. Mémoires réunis par H. ABRAHAM et P. LANGEVIN. 2 vol., format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 1138 pages, de la deuxième série de la *Collection de Mémoires relatifs à la Physique* publiée par la Société française de Physique. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : 35^{fr}.

Introduite par l'étude de l'électrolyse, la notion d'ion électrique s'est étendue peu à peu dans toutes les parties de l'électricité et il n'est guère de phénomène électrique dont l'explication ne s'appuie sur la théorie des ions. Mais, si cette théorie a donné lieu à de nombreuses recherches dans les laboratoires, elle a encore peu pénétré parmi les ingénieurs électriciens et d'ailleurs, parmi les professeurs, peu seraient capables de donner actuellement une réponse précise à l'une de ces questions : Qu'est-ce qu'un ion? Qu'est-ce qu'un électron?

La Société française de Physique a donc été bien inspirée en entreprenant la publication en français des principaux Mémoires relatifs à la question des ions et des électrons. En chargeant M. Abraham et M. Langevin du soin de diriger cette publication, elle ne pouvait faire un choix plus judicieux : l'un et l'autre possédaient l'activité et la compétence nécessaires pour mener à bien, matériellement et scientifiquement, une entreprise qui présentait de réelles difficultés.

MM. Abraham et Langevin ne se sont pas en effet contentés de traduire ou faire traduire les Mémoires dont ils avaient fait choix. Ceux d'auteurs différents contenaient des redites qu'il importait de faire disparaître pour ne pas allonger outre mesure l'étendue de la publication; ceux d'un même auteur n'étaient pas toujours écrits suivant les mêmes idées, la manière de concevoir de l'auteur s'étant modifiée d'un Mémoire à l'autre. Pour remédier à ces inconvénients, MM. Abraham et Langevin ont, dans certains cas, publié seulement des extraits des Mémoires, dans d'autres, ils ont demandé aux auteurs de bien vouloir indiquer eux-mêmes les modifications qu'il convenait d'apporter à leurs Mémoires les plus anciens.

Une classification méthodique des Mémoires traitant d'un même sujet est toujours délicate; les diverses parties du sujet que l'on pourrait prendre comme base de classification se trouvant souvent étudiées dans un même Mémoire. Devant cette difficulté MM. Abraham et Langevin ont adopté la classification alphabétique par noms d'auteurs. Toutefois, pour remédier en partie à l'arbitraire de ce procédé, ils ont, dans un Tableau synoptique, indiqué l'ordre de lecture qui leur a semblé le plus aisé à suivre pour les personnes qui n'ont encore qu'une connaissance sommaire de toutes ces questions.

Ainsi comprise l'œuvre de la Société française de Physique constitue un admirable livre de références qu'apprécieront tous ceux qui veulent se familiariser avec la question des ions et électrons. Nous exprimerons cependant un regret : c'est que MM. Abraham et Langevin n'aient cru devoir faire précéder cet Ouvrage d'une introduction, de 50 à 60 pages, où ils auraient donné un résumé de la question et indiqué au lecteur les diverses acceptions données aux mots ions et électrons par les différents auteurs des Mémoires; ils eussent ainsi épargné au lecteur plus d'une difficulté. M. Langevin nous a promis qu'il comblerait cette lacune en publiant bientôt un Ouvrage élémentaire sur les ions et électrons remplissant ce but; souhaitons que cette publication ne se fasse pas trop attendre.

J. BLONDIN.

International Catalogue of scientific Literature (Physics, Parts I and II). Deux fascicules format $22^{cm} \times 14^{cm}$, 239 et 207 pages. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : 21 et 15 shillings.

La Royal Society of London qui, en 1867, commença la publication du *Catalogue of scientific Papers* pour le XIXe siècle, convoqua, en 1896, une Conférence de délégués étrangers en vue de rendre cette publication internationale à partir de 1901. Bien qu'intéressant, l'historique des travaux de cette Conférence et des Commissions qu'elle nomma ne saurait trouver place ici. Disons seulement qu'il fut décidé de publier chaque année un volume pour chacune des 17 divisions que comporte l'ensemble des sciences cataloguées.

Les deux premiers fascicules relatifs à la Physique ont paru il y a quelques mois. Chacun d'eux renferme le détail en quatre langues (anglais, français, allemand et italien) de la classification adoptée pour les diverses branches de la Physique. Ensuite vient une liste, par noms d'auteurs, des travaux catalogués; le titre du travail est reproduit dans la langue originale; si celle-ci n'est pas une des quatre indiquées plus haut, une traduction de ce titre dans l'une de ces langues est aussi donnée; lorsqu'il est nécessaire, quelques indications sur le contenu du travail complètent le titre; un numéro d'ordre indique la division de la classification méthodique à laquelle se rapporte le travail. Cette liste par noms d'auteurs est suivie d'une liste par ordre de matières donnant les mêmes renseignements.

Il est inutile d'insister sur l'intérêt que présente une telle publication. Les deux fascicules parus renferment déjà 3208 mémoires ou articles dont une bonne partie sont relatifs à l'électricité.

J. B.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

L'Exposition de Liége.

Il nous reste, pour terminer notre promenade dans l'Exposition de Liége (*voir* numéros précédents, p. 190, 221 et 251), à visiter les stands des maisons électriques suédoises et allemandes.

Cette visite sera de beaucoup plus brève que celles que nous avons faites dans les sections belge et française, car le nombre des exposants électriciens de ces pays est très limité. En outre, nous ne mentionnerons que les stands que nous avons estimés les plus dignes d'intérêt.

La SOCIÉTÉ ANONYME DES TURBINES A VAPEUR LAVAL, de Stockholm, est trop connue pour que nous insistions sur sa renommée et sur les mérites de ses produits.

Son exposition se compose de turbines-dynamos et de pompes électromoteurs, spécialités de ses ateliers. Les accouplements sont directs, les bâtis sont le plus souvent d'une seule pièce.

L'ALLMÄNNA SVENSKA ELEKTRISKA AKTIEBOLAGET (Compagnie générale électrique de Suède), à Vesteras, a obtenu à Liége la même distinction qu'à Paris en 1900 : un grand prix. Cette Société expose une dynamo de 50 kw à courant continu, une série de moteurs de 1 à 30 chevaux, un moteur triphasé de 75 chevaux et une collection de petits moteurs du même genre de 1 à 20 chevaux.

La plus importante des sociétés électriques allemandes exposant dans les galeries des machines est l'ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT, de Berlin.

Nous trouvons, dans son stand, des câbles téléphoniques et pour transports de force, du matériel d'appareillage, des lampes à incandescence, des lampes Nernst et des lampes à arc, des dynamos et moteurs de tous genres ainsi que des transformateurs.

Parmi les appareils de manœuvre, nous remarquons un controller pour pont roulant dont la manette peut se mouvoir simultanément autour d'un axe vertical et d'un axe horizontal. On peut ainsi, au moyen d'un appareil unique, commander deux moteurs différents.

Des petits moteurs exposés sont montés sur des châssis à ressorts dont l'effet est de régler automatiquement, dans certaines limites, la tension de la courroie.

Près de ce stand se trouve un grand panneau contenant le matériel d'appareillage bien connu et les lampes à incandescence de la SOCIÉTÉ BERGMANN.

La TECHNICUM MITTWEIDA (Saxe), institut technique pour ingénieurs et contremaîtres, expose une collection d'appareils construits par ses élèves.

Dans les halles de l'industrie, deux grandes fabriques de câbles, la maison FELTEN et GUILLEAUME, de Mulheim, et la KABELWERK RHEYDT, de Rheydt, exposent une collection très intéressante de leurs produits : câbles armés d'acier à un ou plusieurs conducteurs, boites de jonction et de dérivation, câbles sous plomb, fils isolés, cordelière, etc.

La Kabelwerk Rheydt a fourni les câbles armés utilisés par le Service technique de l'Exposition pour la distribution de la force motrice et l'éclairage des jardins.

La REGINA BOGENLAMPENFABRIK, de Cologne, expose des lampes à arc en vase clos du type de celles qui, au nombre de deux cents environ, ont servi à l'éclairage d'une partie des jardins et concessions de l'Exposition.

Enfin les usines DEUTSCHE TELEPHONWERKE, de Berlin, exposent, dans un vaste stand, des appareils téléphoniques modernes, des tables de bureaux centraux, des téléphones de mines, des postes portatifs militaires et de nombreux instruments se rapportant à la Téléphonie.

La renommée que cette maison s'est acquise en Allemagne l'a fait choisir pour l'installation du bureau téléphonique de Hambourg qui desservira 80000 abonnés.

Dans le domaine de la Télégraphie, nous voyons un télégraphe Hughes et un parleur télégraphique du type adopté par l'administration impériale allemande.

LOUIS L'HOEST.

Informations diverses.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — A la séance du mercredi 6 décembre seront faites les deux Communications suivantes : *L'Électricité à bord des navires de guerre*, par MAUGAS; *Le laboratoire de l'École supérieure des Postes et Télégraphes, les étalons de l'ohm*, par GIRONSSE.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — L'introduction de la télégraphie sans fil système Marconi est projetée dans différentes parties du Mexique. Les premières stations doivent être établies dans l'État de Chihuahua, puis à Jalisco, Tepié, Sonora, Sinaloa et Nuevo-Leon.

— Les stations de télégraphie sans fil de Saint-Augustin (Floride) et le cap Cod (Massachusetts) sont entrées en communication. La distance qui les sépare est d'environ 1750^{km}.

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — L'usine d'Ugines, pour la fabrication de l'acier et des ferro-alliages par les procédés Girod, disposera dans quelque temps d'une puissance de 40000 chevaux en eaux moyennes; des chutes ont été achetées dans ce but dans les environs de Saint-Gervais, vers le mont Blanc.

— La Société générale du Carbure de calcium, à Gurtnellen (Suisse), est en train de construire une nouvelle usine destinée à la fabrication de produits métallurgiques, notamment l'acier, suivant le procédé Kjellin dont cette Société a la licence exclusive en Suisse; cette usine sera mise en exploitation avant la fin de l'année.

Tome IV. **N° 47. — 15 décembre 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS.

La question du régime futur de la fourniture de l'énergie électrique aux habitants de Paris vient d'entrer dans une phase nouvelle : dans le courant de novembre, le Conseil municipal a été saisi par le Préfet de la Seine des projets présentés par diverses Sociétés en vue d'assurer cette fourniture soit à partir des dates d'expiration des concessions actuelles des Secteurs, soit avant ces dates. Nous profiterons de ce fait pour faire connaître à nos lecteurs l'état actuel de la question et compléter les renseignements que nous avons donnés sur ce sujet dans le numéro du 15 mars dernier de cette *Revue,* numéro presque entièrement consacré à la reproduction ou l'analyse des Rapports et Mémoires publiés à cette époque par l'Administration préfectorale; nous ne ferons d'ailleurs état que des documents officiels, car, si intéressants que soient les renseignements que nous avons recueillis au cours de conversations avec quelques personnes très au courant de la question, nous préférons en faire abstraction pour le moment.

I. Rappelons d'abord aussi brièvement que possible où en était cette question en mars dernier.

A ce moment, la Commission technique, instituée par le Préfet de la Seine le 6 août 1904, venait de déposer son Rapport, rédigé par M. Picou [1]. Cette Commission avait pris connaissance des avis fournis par divers constructeurs et exploitants et quelques personnalités marquantes de la Science électrique, avis demandés aux maisons étrangères dès juin 1904, et aux maisons françaises un peu plus tard, sur le désir exprimé par la Commission elle-même [2]; elle avait également utilisé un remarquable Rapport de M. Lau-

[1] *La Revue électrique,* t. III, 15 mars 1905, p. 150.

[2] Trois réponses sont parvenues à l'Administration municipale après que la Commission eut déposé son Rapport. Ce sont les réponses de MM. Sautter, Harlé et Cie, MM. Schneider et Cie, de la Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques. On trouvera plus loin (p. 343) les analyses de ces réponses.

riol [1] sur les conditions actuelles de la distribution de l'énergie électrique dans Paris et sur les combinaisons possibles pour améliorer ces conditions en se plaçant soit dans l'hypothèse de la « table rase », soit dans celle de l'utilisation des canalisations actuelles, soit dans celle de l'utilisation presque complète des installations existantes; enfin elle avait largement fait appel à l'activité de quelques-uns de ses membres, particulièrement désignés par leurs fonctions pour lui fournir des documents sûrs.

On se souvient sans doute que, dans son Rapport, la Commission technique conseillait la création de trois grandes usines, avec groupes électrogènes à turbines à vapeur d'une puissance d'environ 7000 kilowatts, fournissant des courants triphasés sous une tension de 8000 à 12 000 volts et à la fréquence 50; la distribution dans la région centrale par courant continu, trois fils, 110 volts, fourni par des sous-stations à transformateurs rotatifs; la distribution dans la région périphérique par courants triphasés, quatre fils, 110 volts, fournis par des sous-stations à transformateurs statiques. Le choix de 110 volts pour la tension de distribution se trouvait justifié, non seulement par la possibilité d'utiliser ainsi une bonne partie des canalisations actuelles et la presque totalité des installations intérieures, mais encore parce que cette tension convient beaucoup mieux que celle de 220 volts pour l'éclairage par arcs et aussi pour l'éclairage par incandescence comme l'ont montré des essais effectués sur la demande de la Commission [2]. L'adoption d'une distribution pour courants alternatifs dans la région périphérique de Paris était imposée, malgré la préférence marquée de la Commission pour la distribution en courant continu, par des raisons d'économie, la densité de la consommation dans cette région n'étant pas assez grande pour motiver l'installation de sous-stations à transformateurs rotatifs nécessairement plus importantes, plus coûteuses d'entretien et de rendement plus faible que les sous-stations à transformateurs statiques. Le choix de la fréquence 50 se trouvait motivé précisément par la nécessité de distribuer le courant sous forme alternative, la fréquence 25, quoique la plus recommandable pour la transformation en courant continu, étant absolument défectueuse pour l'éclairage. Quant au choix de la composition et de la puissance des groupes électrogènes et quant à celui de la forme et de la tension des courants primaires, ils étaient imposés par des considérations uniquement d'ordre électrotechnique, et, sur ces points, la Commission se trouvait d'accord avec tous les avis et projets qui lui avaient été soumis.

Le rapport de la Commission technique envisageait aussi, avec une très grande réserve d'ailleurs, le prix de revient et le prix de vente de l'énergie. En admettant un rendement de 66 pour 100 pour l'ensemble des réseaux primaire et secondaire, elle arrivait à un prix de revient de $0^{fr},1546$ pour le kilowatt-heure vendu, ce prix tenant compte des dépenses de combustible, graissage, personnel, entretien courant, administration et frais généraux, mais ne tenant pas compte des intérêts et amortissement du capital, du renouvellement du matériel, charges qui dépendent de la durée d'utilisation des installations. Dans l'hypothèse où la durée d'utilisation moyenne serait de 750 heures par an, le prix de revient total s'élevait à $0^{fr},329$ le kilowatt-heure vendu. Partant de ce chiffre, elle établissait un tarif de vente, décroissant avec la durée de l'utilisation faite par l'abonné de son installation particulière, et conduisant à des prix de vente du kilowatt-heure allant de $0^{fr},523$ pour une durée d'utilisation inférieure à 400 heures par an, jusqu'à $0^{fr},165$ pour une durée de 3000 heures et plus; ces prix ne comprennent d'ailleurs ni le bénéfice de l'exploitant, ni les redevances municipales. La Commission ajoutait que le tarif de vente devait avoir un caractère impératif en cas d'exploitation par la Ville en régie directe, mais que, en cas de concession, il convenait de laisser au concessionnaire quelque liberté et de ne considérer alors le tarif de vente imposé que comme un maximum.

Enfin le Rapport faisait observer que cinq années paraissaient nécessaires pour réaliser le programme esquissé par la Commission et que, dès lors, la collaboration des Secteurs était indispensable pendant quelque temps.

II. A la suite du dépôt du Rapport de la Com-

(1) *La Revue électrique*, t. III, 15 mars 1905, p. 131-147.
(2) *Idem.*, t. III, 28 février 1905, p. 118.



mission technique, la première préoccupation de l'Administration fut de chercher comment s'opérerait le passage du régime actuel au régime définitif futur. Des demandes furent envoyées dans ce sens aux six Secteurs desservant l'agglomération parisienne.

Trois seulement de ces Secteurs ont répondu jusqu'ici; ce sont le Secteur d'Éclairage et de Force, le Secteur de la place Clichy et la Compagnie parisienne de l'Air comprimé. On trouvera dans le Rapport de M. Lauriol (p. 331 à 343) les points principaux qui caractérisent les propositions faites par ces Secteurs. On verra que, si ces propositions offrent une solution pour le passage du régime actuel au régime futur, cette solution n'est satisfaisante ni au point de vue économique, ni au point de vue technique. Les trois Secteurs demandent en effet une prolongation de quatre années de leurs concessions actuelles expirant en avril 1907 et n'accordent qu'une diminution de $0^{fr},20$ sur le maximum actuellement fixé de $1^{fr},50$ par kilowatt-heure et encore seulement à partir d'avril 1907; les clients qui, sur ces Secteurs, paient le prix maximum étant très rares, et le rabais accordé à ceux qui paient actuellement moins que le tarif maximum n'étant pas spécifié ou seulement indiqué sous une forme très vague, la diminution consentie est absolument illusoire. D'autre part, ces propositions exigent de la Ville un sacrifice financier assez important pour achat de matériel d'une valeur très discutable suivant le régime qui sera adopté à l'avenir. Enfin elles ne satisfont pas aux conditions techniques recommandées par la Commission. Seule la proposition faite par le Secteur d'Éclairage et Force motrice présente quelque intérêt, parce qu'elle met à la disposition de la Ville un terrain fort bien situé pour la construction de l'une des usines prévues par la Commission et, en fin de concession, un réseau dont les conditions de fonctionnement ne s'écarteraient pas trop de celles préconisées par cette Commission.

D'ailleurs, même en les considérant comme acceptables à titre provisoire, ces propositions ne fournissent pas une solution complète. Les trois Secteurs qui les ont formulées ne comprennent guère que la moitié de Paris, et le défaut d'accord avec les trois autres (Edison, Champs-Élysées, Rive gauche) qui n'ont pas adressé de proposition crée les difficultés les plus sérieuses. Les permissions des Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche n'expirant que dans le second trimestre 1908, une usine destinée à alimenter leurs réseaux pourrait, à la rigueur, être construite pour cette époque. Mais pour le Secteur Edison on se heurte à une véritable impossibilité, car sa concession expire en avril 1907; le rachat lui-même, tel qu'il est prévu par l'article 21 du cahier des charges, conduirait, ainsi que le dit le Préfet de la Seine dans son Mémoire, à des résultats onéreux et risquerait d'être entravé par des difficultés contentieuses.

III. En présence de ces difficultés, l'Administration a été amenée à prendre en considération des propositions, au nombre de quatre, qui assurent la période transitoire, mais, en outre, engagent, d'une façon plus ou moins profonde, les conditions de l'exploitation future.

Ces propositions ont été formulées par : la Compagnie continentale Edison, le Secteur de la Rive gauche, la Compagnie Est-Lumière, MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie.

Chacune de ces propositions est analysée plus ou moins complètement dans le Rapport de M. Lauriol (p. 338 à 343). Donnons-en néanmoins ici une idée générale.

D'après la proposition de la Compagnie continentale Edison, une Société constituée sous forme de régie intéressée serait chargée pendant 35 ans de distribuer l'énergie électrique sur la rive droite. Pour assurer le régime transitoire, la Ville, usant du droit inscrit à l'article 21 du cahier des charges en vigueur, rachèterait aux cinq Secteurs installés sur la rive droite leurs terrains, bâtiments, machines, etc. La Compagnie prendrait à sa charge la dépense en résultant, qu'elle amortirait pendant la durée du bail; celui-ci expirerait le 30 juin 1942; la Ville pourrait résilier par anticipation à partir du 31 décembre 1922. Les tarifs maximum seraient $0^{fr},60$ le kilowatt-heure pour l'éclairage privé, $0^{fr},25$ pour l'éclairage public et la force motrice. Les bénéfices nets de l'exploitation seraient partagés par moitié entre la Ville et la Compagnie. Toutes les nouvelles installations seraient faites sur projets approuvés par la Ville, qui deviendrait gratuitement propriétaire en fin de concession.

Suivant le projet du Secteur de la Rive gauche, applicable seulement à la rive gauche, un régime



provisoire serait institué du 1[er] janvier 1906 au 31 décembre 1910 dans les conditions actuelles quelque peu modifiées et avec un abaissement de tarif de 1fr,50 à 1fr le kilowatt-heure. Au 1[er] janvier 1911, les conditions nouvelles qui suivent entreraient en vigueur : durée de la concession, 35 ans à partir du 31 décembre 1910; faculté de rachat à partir du 1[er] janvier 1921; toutes les dépenses nécessaires sont faites par la Compagnie sans garantie de la Ville, mais sur projets adoptés par elle; la Compagnie reste maîtresse de ses tarifs au-dessous des maximums de 0fr,60 le kilowatt-heure (éclairage) et de 0fr,35 (force motrice). Jusqu'à concurrence de 720000fr les bénéfices sont partagés par moitié; au delà les deux tiers sont acquis à la Ville. Toutes les installations reviennent gratuitement à la Ville en fin de concession.

Le projet de la Compagnie Est-Lumière ne s'applique également qu'à la rive gauche. La Ville rachèterait à la Compagnie du Secteur de la Rive gauche ses usines, branchements, machines, etc., et rétrocéderait ces installations à la Société nouvelle qui continuerait l'exploitation et rembourserait à la Ville le prix d'acquisition, amorti pendant le bail qui prendrait fin le 30 juin 1942. Les autres clauses du projet sont sensiblement pareilles à celles du projet du Secteur de la Rive gauche. Les bénéfices nets de l'exploitation, après déduction des intérêts et de l'amortissement du capital social et des emprunts (l'intérêt étant fixé à 4 pour 100) seraient partagés par moitié. Le droit de rachat pourrait s'exercer à partir du 31 décembre 1922.

D'après le projet Schneider-Mildé, la Compagnie nouvelle s'engage à commencer son exploitation dans chacun des six Secteurs au moment où expire chacune des concessions actuelles; elle garantit la Ville contre les difficultés qui pourraient survenir entre la Ville et les Secteurs. La concession comportant monopole, sauf pour les services publics de traction, expirerait le 31 décembre 1938; le contrat pourrait être résilié fin 1923, 1928 ou 1933. Jusqu'à la fin de 1912, au plus tard, la Compagnie assurerait provisoirement le service en conservant, dans la mesure du possible où elle le jugerait convenable, les systèmes fonctionnant actuellement. Elle réaliserait, à partir de cette date, sous forme définitive, les conditions techniques indiquées par la Commission. Tout l'actif mobilier ou immobilier acheté ou construit deviendra immédiatement propriété de la Ville. La Compagnie payera à la Ville : 8 pour 100 des recettes brutes provenant de la vente du courant; 45 pour 100 sur les bénéfices annuels (5 pour 100 étant réservés au personnel), et l'ensemble de ces redevances ne devra jamais s'élever à moins de 4000000fr par an, la Compagnie s'engageant à parfaire cette somme. Tout l'actif mobilier et immobilier passera gratuitement en la possession de la Ville à l'expiration de la concession. La Compagnie établirait un tarif fort applicable aux heures de grande consommation et un tarif faible; l'abonné aurait néanmoins le choix entre cette tarification et la tarification à la demande maximum; les diminutions des tarifs commenceraient à l'expiration des concessions actuelles des Secteurs et iraient en croissant [1]. La Ville bénéficierait d'une réduction de 30 pour 100 sur ces prix.

---

[1] Les articles du projet relatifs aux tarifs sont ainsi rédigés :

Art. 58. — La Compagnie reste maîtresse de ses tarifs sous la condition de ne pas dépasser les maxima suivants :

		fr
Première période allant jusqu'au 31 décembre 1912.	Tarif fort.....	0,90 le kw.-h.
	Tarif faible....	0,35 »
Deuxième période allant jusqu'au 31 décembre 1922.	Tarif fort.....	0,70 »
	Tarif faible....	0,20 »
Troisième période depuis le 1[er] janvier 1923.	Tarif fort.....	0,60 »
	Tarif faible...	0,15 »

Les tarifs fixés pour les deuxième et troisième périodes seront réduits de 25 pour 100 pour les abonnés alimentés directement par le courant primaire ou abaissé.

Au choix de l'abonné, les deux tarifs seront appliqués suivant le système de la demande maxima ou suivant le système du double tarif, définis Art. 59 et 60.

Art. 59. — Le système de la demande maxima fonctionnera comme suit :

Chez l'abonné la Compagnie établira un appareil de son choix, mais d'un type approuvé par le Préfet de la Seine et indiquant le maximum de puissance consommée.

Cet appareil ne devra pas enregistrer les maxima accidentels durant moins de 10 minutes. Il sera fourni, entretenu et renouvelé gratuitement par la Compagnie.

Jusqu'à concurrence de la puissance maxima indiquée dans l'année multipliée par 365 heures, l'énergie consommée dans l'année sera facturée au tarif fort; le surplus sera facturé au tarif faible.

Art. 60. — L'abonné installera lui-même ou louera à la Compagnie un compteur à double tarif, d'un type approuvé par le Préfet de la Seine et enregistrant sépa-

On voit que les trois premières de ces propositions ne s'appliquent qu'à une région de Paris : la rive droite pour la proposition Édison, la rive gauche pour celles du Secteur de la Rive gauche et de la Compagnie Est-Lumière ; seule la proposition Schneider-Mildé s'étend à toute la surface de Paris.

Toutes quatre fournissent à la Ville un moyen de passer sans trop de difficultés du régime actuel au régime définitif. Toutefois les trois premières ne lèvent ces difficultés que partiellement, puisqu'elles ne s'appliquent séparément qu'à l'une des rives de la Seine et qu'il serait nécessaire de combiner la proposition Édison à l'une des deux autres pour assurer le régime transitoire dans tout Paris.

Au point de vue des tarifs de vente, les quatre propositions donnent à peu près également satisfaction aux consommateurs : la proposition Édison abaisserait les tarifs de vente à $0^{fr},60$ (éclairage) et $0^{fr},25$ (force motrice) le kilowatt-heure, dès le début de la concession, soit vers juin 1907 ; avec la proposition du Secteur de la Rive gauche les nouveaux prix de vente n'entreraient en vigueur qu'au 1er janvier 1911 et celui relatif à la force motrice est trop élevé ($0^{fr},35$), mais le prix maximum serait abaissé à 1^{fr} le kilowatt-heure dès le 1er janvier 1906 ; avec la proposition de l'Est-Lumière les prix de $0^{fr},60$ et $0^{fr},25$ seraient appliqués en juin 1907 comme avec la proposition Édison. Quant à la proposition Schneider-Mildé, elle prévoit l'application de systèmes de tarification qu'il est impossible de comparer avec les précédents ; toutefois il semble que si avec cette proposition les prix de vente moyens seront, pour l'éclairage des appartements, un peu supérieurs à $0^{fr},60$ le kilowatt-heure au début, ils seront plus avantageux que ceux ci-dessus, à partir de 1913 pour la petite force motrice et dès le commencement de la concession pour la grosse force motrice et pour l'éclairage des magasins et des cafés.

Si l'on examine la question comme contribuable parisien, la proposition Schneider-Mildé est certainement celle à laquelle il convient d'accorder la préférence ; elle assure à la Ville un bénéfice annuel d'au moins 4000000^{fr}, alors que, d'après le Rapport de M. Lauriol, les autres projets ne feraient très probablement entrer dans les caisses de la Ville qu'une somme inférieure.

En se plaçant au point de vue technique, elle est non moins recommandable, puisqu'elle assurerait la génération des courants et leur distribution dans tout Paris dans les conditions préconisées par la Commission technique, alors qu'avec les autres propositions Paris se trouverait divisé,

---

rément les quantités d'énergie consommées pendant deux périodes de la journée, périodes réglées tous les mois par les soins de la Compagnie.

Le tarif fort sera appliqué aux quantités d'énergie consommée pendant les périodes suivantes :

Janvier...	4^h15^m à 10^h soir	Juillet.....	Néant
Février...	4^h45^m à 10^h soir	Août......	7^h à 10^h soir
Mars.....	5^h45^m à 10^h soir	Septembre.	6^h à 10^h soir
Avril.....	6^h30^m à 10^h soir	Octobre...	4^h45^m à 10^h soir
Mai......	7^h30^m à 10^h soir	Novembre.	4^h à 10^h soir
Juin.....	Néant	Décembre..	3^h30^m à 10^h soir

Le tarif faible sera appliqué en dehors de ces périodes.

L'intervalle entre deux relevés et réglages de compteurs aura une durée d'un mois qui pourra ne pas coïncider avec le mois civil. En ce cas, on appliquera les heures de janvier aux périodes commençant du 16 décembre au 15 janvier et finissant du 15 janvier au 14 février et ainsi de suite de façon que la compensation s'établisse sensiblement pour chaque abonné dans l'ensemble de l'année.

Les heures d'application du tarif fort pourront être modifiées, après approbation du Préfet de la Seine, pour être mises en concordance réelle avec les heures de débit maximum des usines génératrices. Les périodes elles-mêmes pourront être simplifiées avec l'approbation du Préfet de la Seine pour faciliter l'application de ce tarif.

Art. 61. — Aux abonnés ayant une puissance de 50 kilowatts et au-dessus dans des immeubles d'un seul tenant, la Compagnie pourra imposer un minimum de consommation annuelle correspondant au fonctionnement pendant 60 heures de la puissance maximum déterminée par les compteurs (ou les limiteurs de courant s'il est fait usage de ces appareils).

Art. 62. — La Ville bénéficiera d'une réduction de 30 pour 100 sur l'ensemble des tarifs indiqués aux Art. 58 à 60.

La réduction sera de 35 pour 100 pour les installations qui, par leur mode même de fonctionnement, ne pourraient causer aucun déséquilibre des ponts.

Chaque immeuble sera considéré comme un abonné distinct, de même chaque partie ininterrompue de la voie publique éclairée à l'électricité.

Pour l'éclairage des voies publiques il ne sera pas fait usage de compteurs, mais on constatera contradictoirement la puissance des lampes et leur horaire.

La redevance prévue à l'Art. 44 ne sera pas applicable aux fournitures faites à la Ville.

Art. 63. — Les abonnés du secteur municipal qui en feraient la demande devront être desservis dans les conditions et pendant la durée de leurs polices en cours au moment où la Compagnie assumera l'exploitation.

11.

de façon peu logique, en deux régions ayant des systèmes différents.

Enfin, si l'on examine les dates de fin de concession et de possibilité de rachat, on constate que le rachat peut être effectué en 1923 pour la rive droite, 1921 ou 1923 pour la rive gauche, enfin 1924 pour l'ensemble de Paris et que les concessions prendraient fin en 1942 (Édison et Est-Lumière), 1945 (secteur de la rive gauche), 1938 (Schneider-Mildé). Au point de vue de la durée de la concession la proposition Schneider-Mildé est donc la plus avantageuse pour la Ville.

Aussi le Préfet de la Seine, dans son Mémoire au Conseil municipal, écrit-il : « L'avantage paraît donc être en faveur de ces propositions (celles de MM. Schneider et Mildé) qui, présentées par des personnalités offrant toutes garanties, ont été examinées de près par les Conseils de la Ville. C'est pourquoi je n'hésite pas à recommander à toute votre attention le projet de MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie. »

Cette recommandation sera-t-elle suivie? Par suite de l'esprit frondeur qui règne trop souvent au Conseil municipal, une recommandation du Préfet de la Seine peut être une raison pour repousser ce projet. D'ailleurs, d'autres projets peuvent encore être présentés, quoique le temps qui nous sépare de l'expiration des concessions actuelles soit bien limité. Peut-être même reverrons-nous ce qui s'est passé il y a quelques années à propos des concessions de tramways : les aspirants concessionnaires proposant des tarifs si bas que les compagnies exploitantes ne peuvent les maintenir qu'en se ruinant. Ce n'est certes pas à désirer dans l'intérêt général, mais c'est du domaine du possible. En tout cas, nous sommes dès aujourd'hui en présence d'une proposition avantageuse pour les consommateurs et les contribuables. C'est déjà quelque chose.

IV. Quel que soit d'ailleurs le projet adopté par le Conseil municipal, la mise en application du régime définitif demandera nécessairement plusieurs années. Il est donc permis encore de se demander quel doit être ce régime définitif.

Cette recherche pourrait sembler oiseuse après que la Commission technique a fait connaître son avis. En réalité, cette Commission nommée par la Préfecture de la Seine en vue d'examiner principalement la question de l'éclairage, n'a pu envisager le problème sous toutes ses faces. En particulier, elle a dû laisser de côté, malgré les opinions personnelles de quelques-uns de ses membres, la possibilité de la fourniture de l'énergie en grande quantité aux entreprises de traction et aux ateliers, si nombreux cependant dans les environs de Paris ou son voisinage immédiat. De plus, elle était invitée à baser ses avis, sinon dans l'hypothèse de la « *table rase* » absolue, du moins en ne se préoccupant que dans une assez faible mesure des installations actuelles.

La fourniture en gros de l'énergie électrique dans Paris et sa banlieue par les mêmes usines qui fourniront l'éclairage et la petite force motrice est cependant une question qui devrait intéresser l'édilité parisienne. D'une part, elle aurait une heureuse répercussion sur les tarifs de vente, en augmentant l'utilisation diurne des usines et des canalisations; d'autre part, elle aurait pour conséquence de diminuer les fumées industrielles et leurs inconvénients, dont le Conseil municipal s'est assez souvent occupé pour ne pas les oublier; d'un autre côté, elle inciterait à rester à Paris nombre d'industriels que les sujétions et le prix de revient élevé de la production de la force motrice par la vapeur à l'intérieur de la ville tendent à éloigner; enfin, elle donnerait aux ouvriers travaillant dans les ateliers actionnés électriquement un confort et une hygiène dont ne sauraient se désintéresser ceux qui sollicitent leurs suffrages.

Mais cette fourniture en gros de l'énergie électrique est-elle possible dans l'agglomération parisienne? S'y trouverait-il des consommateurs?

Il est à présumer que, si l'exploitation des réseaux électriques se fait en régie directe, cette fourniture est difficile pour ne pas dire impossible : un service administratif ne peut avoir ni la liberté ni la souplesse nécessaires pour passer avec un industriel un marché important offrant à celui-ci des avantages tangibles tout en étant rémunérateur pour le fournisseur. Mais, si l'exploitant est un concessionnaire maître de ses tarifs au-dessous d'un certain maximum, la chose est parfaitement possible.

D'un autre côté, plusieurs personnalités très au courant des besoins de l'industrie parisienne sont d'avis que les clients ne manqueraient pas. C'est l'opinion exprimée dans deux notes envoyées à l'Administration en réponse à la

demande de propositions adressée par celle-ci aux constructeurs français : une Note succincte de la maison Sautter-Harlé et Cie et une Note très étendue de la Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways électriques. On verra, par les analyses que nous en donnons (p. 343), que la maison Sautter-Harlé croit qu'il y a nécessité absolue d'assurer dans Paris la fourniture en gros de l'énergie électrique et que la Société parisienne pousse sa confiance dans la possibilité de cette fourniture jusqu'à proposer l'établissement de deux réseaux de distribution, l'un pour les gros consommateurs de force motrice, l'autre pour l'éclairage et la petite force motrice.

Toutefois, pour qu'il y ait des consommateurs, il faut que ceux-ci y trouvent leur intérêt. En sera-t-il ainsi avec les tarifs proposés?

Au prix de $0^{fr},25$ le kilowatt-heure proposé par la Compagnie Edison et par la Compagnie Est-Lumière, le kilowatt-an reviendrait à

$$0^{fr},25 \times 10 \times 300 = 750^{fr}.$$

C'est un prix bien élevé pour la grande industrie, quoiqu'il soit de l'ordre de grandeur de celui auquel on arrive avec la vapeur, puisque, d'après la Note de la Maison Sautter-Harlé et Cie, le cheval-an produit par une machine à vapeur coûte de 2000^f à 5000^f dans la grande industrie, chiffres qui correspondent à 2660^{fr} et 6660^{fr} pour le kilowatt-an. Mais, avec les tarifs de vente proposés par MM. Schneider et Mildé, on arrive à des prix permettant au moteur électrique de lutter avantageusement avec le moteur à vapeur. En effet, une usine fonctionnant 10 heures par jour jouira nécessairement du tarif le plus faible et de la réduction de 25 pour 100 accordée aux abonnés alimentés directement par le courant primaire. Dans ces conditions, le kilowatt-an reviendra à 4500^{fr} pendant la période allant de 1913 à 1922 et 3000^{fr} à partir de 1923.

Il est donc, sinon certain, du moins possible, de trouver une clientèle dans la grande industrie, et cette possibilité peut être augmentée par les réductions que ne manquera pas de faire, dans des cas spéciaux, un concessionnaire maître de ses tarifs.

V. Cette possibilité d'une vente importante de l'énergie électrique pour force motrice conduit, comme nous le disions, à envisager sous un autre aspect le problème de la distribution de cette énergie dans Paris.

Il reste acquis que la distribution dans la région centrale doit se faire par courant continu, 110 volts, car ce sont les forme et tension qui conviennent le mieux pour l'éclairage, application qui, sans nul doute, reste la principale consommatrice d'énergie électrique dans cette région. Or, pour obtenir du courant continu, au moyen de courants primaires alternatifs, l'adoption de la fréquence 25 est tout indiquée. Si, d'un autre côté, la fourniture de la force motrice se développe, ce sera principalement dans la région périphérique que s'effectuera ce développement; l'adoption de la fréquence 25 serait donc également préférable dans cette région, car il est présumable que, dans bien des cas, cette force motrice sera fournie par du courant continu résultant de la transformation du courant primaire. On arrive donc à cette conclusion que la majeure partie de l'énergie livrée par l'usine génératrice devrait être à la fréquence 25.

Malheureusement cette fréquence ne convient pas pour l'éclairage. On le savait déjà et c'est cette raison qui motive le choix de la fréquence 50 par la Commission technique. Des essais récents entrepris par M. Lauriol, sur la demande de M. Blondel, ont confirmé cette opinion [1].

Faut-il dès lors prendre deux fréquences : la fréquence 25 pour la fourniture de la force mo-

[1] Ces essais ont été faits au laboratoire de l'Usine municipale des Halles dirigée par M. Girard; ils ont porté sur des lampes à incandescence à filaments de charbon, à filament d'osmium et à filament de tantale, sur des lampes Nernst, sur des lampes à arc ordinaire, sur des lampes à flamme Blondel et enfin sur des arcs triphasés.

Les résultats de ces essais n'ont pas encore été publiés. Toutefois, nous pouvons dire que les expériences dont nous avons été témoin montrent qu'à la fréquence 25 : les lampes à arc ordinaire et surtout les lampes à flamme donnent un tremblotement du foyer lumineux absolument inacceptable; les lampes à tantale un tremblotement qui serait tolérable s'il ne paraissait entraîner une usure rapide du filament; les lampes à filament d'osmium ou de carbone, un très léger tremblotement qui n'est d'ailleurs sensible qu'avec les lampes de faible puissance lumineuse; enfin, les lampes Nernst se comportent bien au point de vue lumineux. A la fréquence 33 les mêmes phénomènes se manifestent mais avec moins d'intensité. La fréquence 40 semble être la limite inférieure d'un fonctionnement satisfaisant des diverses lampes, et particulièrement des lampes à flamme.

trice à la grande industrie et l'alimentation des sous-stations de distribution en continu; une autre, plus élevée, pour l'éclairage et la petite force motrice? Cette solution a l'inconvénient d'exiger deux canalisations distinctes dont il ne sera pas toujours facile de prévoir l'importance relative, et celui de diminuer l'homogénéité de l'usine génératrice. Malgré ces inconvénients, c'est la solution préconisée par la Société parisienne (*voir* p. 342); elle offre d'ailleurs dans les conditions actuelles des réseaux parisiens l'avantage de permettre d'alimenter facilement les Secteurs des Champs-Élysées, de la Rive gauche et le Secteur de Force et Éclairage soit directement par l'usine génératrice, soit par l'installation de sous-stations où s'opérerait, au moyen de groupes moteurs-générateurs, la transformation de courant primaire à 25 périodes en courant à environ 42 périodes et à une tension de 2000 à 3000 volts : on utiliserait ainsi au mieux les canalisations de ces secteurs. La Société parisienne ne s'est pas d'ailleurs contentée d'exprimer son opinion; elle l'a mise en application par l'intermédiaire de sa filiale la Société d'électricité de Paris, dans l'usine que celle-ci érige actuellement à Saint-Ouen. Cette usine est en effet pourvue de groupes de 6000 kilowatts à turbines à vapeur fournissant des courants triphasés à 10 500 volts et à la fréquence 25 qui, pour l'instant, alimentent des convertisseurs installés à la station Montmartre du Secteur Edison et qui, bientôt, alimenteront d'autres commutatrices fournissant du courant continu au Métropolitain. En outre cette usine sera pourvue dans quelques mois d'un groupe moteur-générateur à deux alternateurs de 1500 kilowatts, l'un donnant des courants triphasés à la fréquence 25, l'autre des courants biphasés à la fréquence 41,66 (chiffre adopté parce qu'il est les $\frac{10}{6}$ de 25 et permet de faire tourner les deux alternateurs à la même vitesse en leur donnant respectivement 6 et 10 pôles par phase), courants biphasés qui seront utilisés par le secteur d'Éclairage et de Force.

Toutefois, si l'adoption de deux fréquences est certainement très avantageuse pour le régime transitoire, il n'est nullement évident qu'elle constitue la meilleure solution pour l'avenir. On peut en effet se demander s'il ne conviendrait pas d'alimenter toutes les nouvelles canalisations primaires avec des courants à la fréquence 25 et d'assurer l'éclairage et la petite force motrice dans tout Paris avec du courant continu. Nous avons dit que la Commission n'avait adopté la distribution en courant alternatif dans la région périphérique que par raison d'économie; cette économie peut disparaître si elle entraîne à établir dans une même région deux canalisations primaires : l'une à 25 périodes, l'autre à 50 périodes.

Une autre solution serait d'adopter une fréquence unique, intermédiaire entre 25 et 50, la fréquence 41,66 par exemple qui, d'après ce qui précède, présente quelques avantages pour le régime de transition. Elle n'est pas prohibitive pour l'éclairage, et les commutatrices s'en accommodent assez bien comme le prouvent les quelques installations fonctionnant avec cette fréquence. L'adoption de cette fréquence unique aurait bien l'inconvénient d'empêcher les futures usines génératrices d'alimenter les installations actuelles de traction qui fonctionnent toutes à la fréquence 25; mais ces clients éventuels possèdent eux-mêmes des usines génératrices et ont déjà leurs fournisseurs attitrés en cas d'insuffisance de celles-ci; l'inconvénient n'est donc pas grave.

Quoi qu'il en soit, le choix de la fréquence demande encore quelque réflexion. Le problème du régime futur de l'électricité à Paris n'est donc pas entièrement résolu. En tous cas le terrain est bien déblayé puisque l'indécision n'existe plus que sur ce point relativement secondaire et qu'elle ne peut d'ailleurs retarder l'étude, dans ses grandes lignes, d'un projet définitif.

J. Blondin.

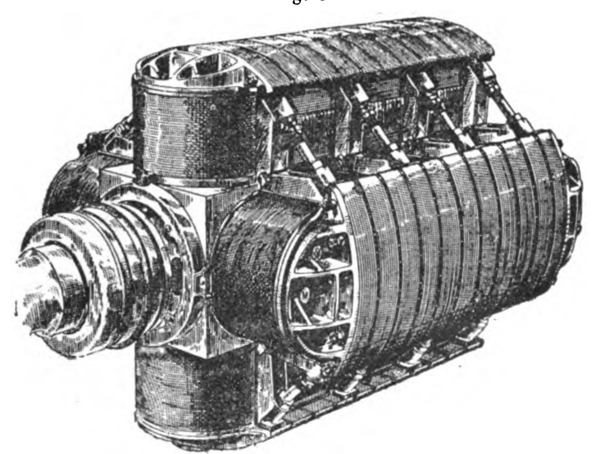


ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

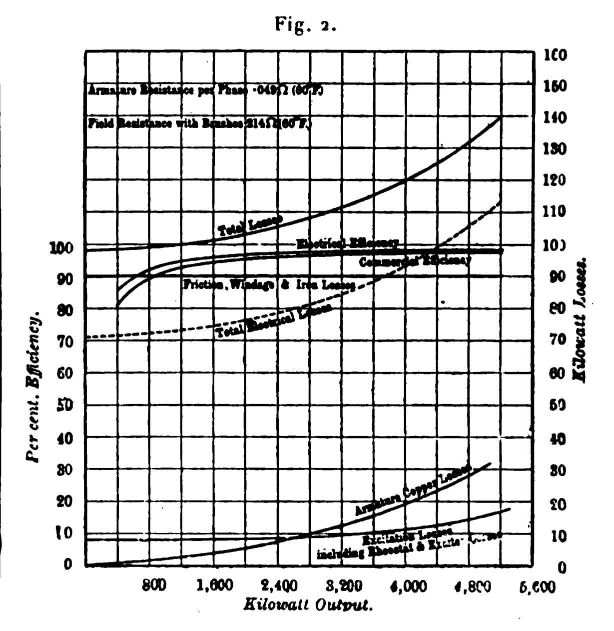
Alternateurs Dick, Kerr and Co de 3000 kilowatts pour groupes électrogènes à turbines (*Electrician*, t. LVI, p. 218-222, 24 nov. 1905). — Deux de ces alternateurs ont été récemment installés à l'usine de Port Dundas, près de Glasgow; ils sont actionnés par des turbines Parsons, construites par MM. Willans et Robinson. Les figures de la page 330 représentent diverses coupes de ces alternateurs. — Le stator est constitué par un cylindre en fonte, percé de cinq rangées de trous de ventilation, à l'intérieur duquel sont logés les anneaux de tôle, disposés par paquets entre lesquels peut circuler l'air; le circuit secondaire est isolé des parois des conduits que forment les trous des tôles par des lames de mica; deux enveloppes de tôles, percées de fentes radiales pour la ventilation, protègent les extrémités M, N, O des enroulements induits. — Le rotor comprend 4 pôles formés par une pièce A en acier coulé,

Fig. 1.



percée de conduits de ventilation L et dont le diamètre intérieur est un peu plus grand que celui de l'arbre G de manière à former un conduit annulaire H. Deux pièces B, elles-mêmes percées de canaux de ventilation K, servent à fixer A sur l'arbre. Deux autres pièces C servent au serrage des tôles D formant les épanouissements polaires. Le circuit inducteur E est formé par des barres de cuivre enroulées sur champ; les spires sont isolées par du papier et du mica; après enroulement elles sont soumises à l'action d'une presse hydraulique qui exerce sur elles, dans le sens du rayon, un effort une fois et demie plus grand que celui que développe la force centrifuge quand la machine est en marche. Tout déplacement des spires suivant la hauteur des pôles est empêché par la forme des épanouissements polaires; mais comme les faces latérales des pôles ne sont pas dans des plans passant par l'axe de la machine, la force centrifuge agissant sur chaque spire a une composante normale à la face latérale du pôle correspondant; pour empêcher que cette composante ne déforme les spires, des cornières maintenues écartées par les tiges et les écrous F serrent fortement les conducteurs contre les pièces polaires. La figure 1, qui donne une vue du rotor, montre bien le mode de construction. Les bagues amenant le courant d'excitation sont

Fig. 2.



en bronze de manganèse; elles sont posées à chaud sur des anneaux de micanite insérés dans des rainures de l'arbre. — Les alternateurs fournissent des courants triphasés à la fréquence 25 et sous la tension de 6700 volts à la vitesse angulaire de 750 t : m. La figure 2 indique, pour l'un d'eux, les pertes (losses) et le rendement (efficiency) en fonction de la charge.

BREVETS RÉCENTS.

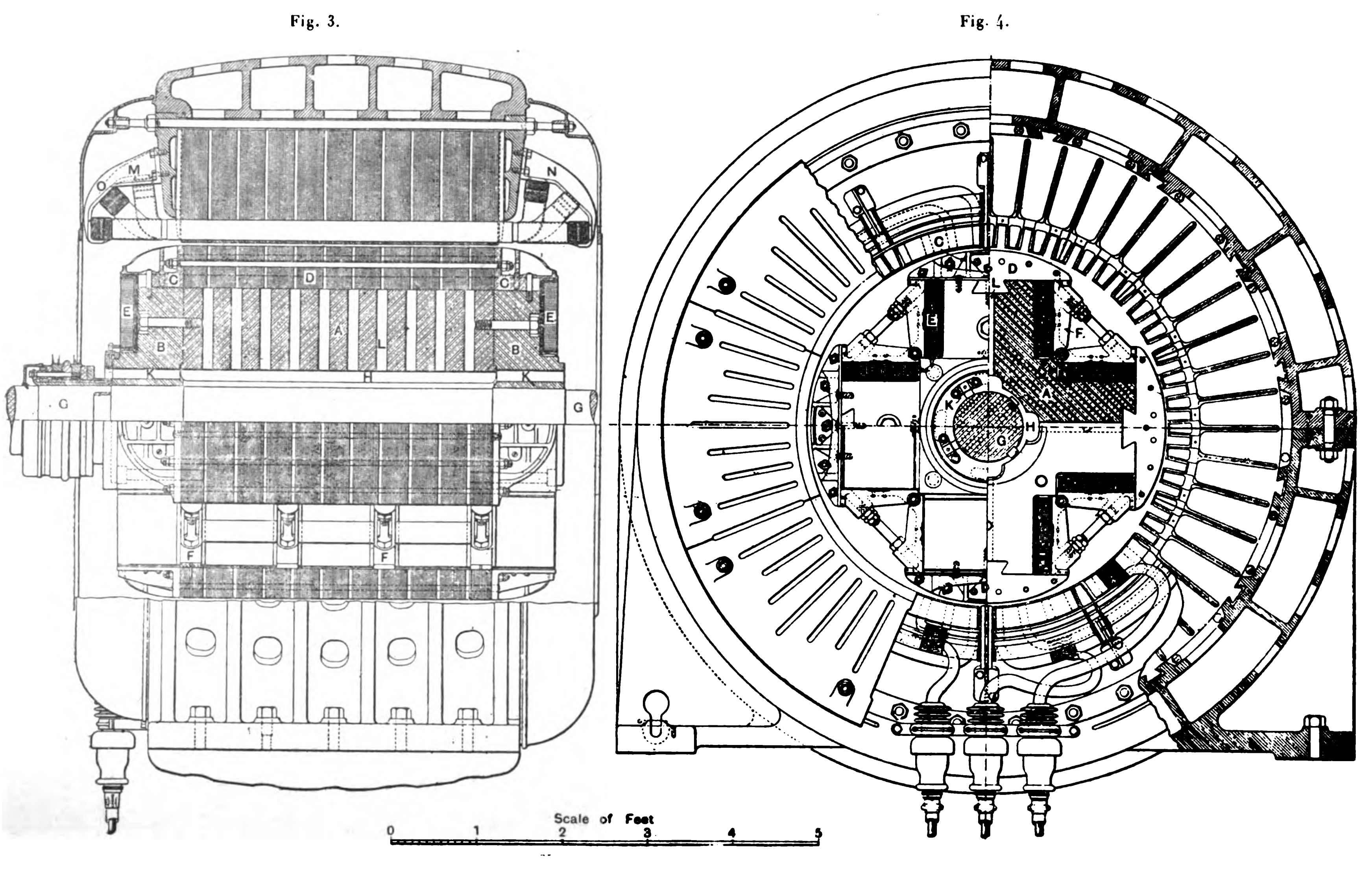
Machines génératrices : Melroy. USAP. 792607, 30 mars 1905 (fixation des pièces polaires). — Morrison. USAP. 791729, 27 oct. 1904 (usine génératrice). — Piper. DRP. 162781, 4 mars 1904 (dispositif pour empêcher la production d'étincelles dans les alternateurs). — Schmidt. DRP. 162759, 21 avril 1904 (balais). — Speirs. USAP. 792739, 7 nov. 1904 (balais pour collecteur).

(¹) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. Marks and Clerk, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

Fig. 3.

Fig. 4.



Coupes d'un alternateur Dick, Kerr and Co, de 3000 kilowatts, commandé par turbine à vapeur.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Rapport sur le régime futur de l'Électricité à Paris, par P. LAURIOL, ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage.

A la suite des réunions de la Commission technique d'Electricité, M. le Préfet de la Seine a demandé aux Secteurs d'assurer le régime provisoire dans des conditions de nature à ménager les divers intérêts en jeu, réserve étant faite du régime définitif. Les trois Secteurs de la Rive gauche, des Champs-Elysées et Edison n'ont cru devoir faire aucune proposition à ce sujet. Les trois Secteurs d'Eclairage et Force, de l'Air comprimé et de la Place Clichy ont adressé des propositions que nous examinons plus bas.

D'autre part, la Compagnie Edison, la Compagnie du Secteur de la Rive gauche, la Compagnie de l'Est-Lumière, et, enfin, MM. Schneider et Mildé ont, dans un ordre d'idées différent, adressé des propositions engageant le régime futur.

Pour compléter la liste des projets reçus, rappelons le projet d'utilisation des forces motrices du Rhône présenté par M. Harlé.

Tels sont les projets dont nous avons à rendre compte ici et qui se divisent tout naturellement en trois catégories.

UTILISATION DES FORCES MOTRICES DU RHÔNE.

Le projet d'utilisation des forces motrices du Rhône ne comporte pas de propositions proprement dites, mais un simple exposé technique et financier.

L'exécution du projet est assez incertaine, subordonnée à une autorisation législative en ce qui concerne l'utilisation des chutes d'eau et le droit d'expropriation. Elle exigerait une dizaine d'années à partir de la décision prise par la Ville. Indépendamment de cette question de temps, et en admettant toutes les hypothèses favorables, ce projet ne saurait résoudre à lui seul la question de l'alimentation électrique de Paris; la puissance pourrait être insuffisante, et, en tout cas, la sécurité ne serait pas assez complète. Il y a, enfin, trop d'incertitude dans les prévisions pour que nous puissions proposer à la Ville d'entreprendre le travail à ses risques.

Dans ces conditions, la seule chose à faire par la Ville est de s'organiser comme si ce projet n'existait pas. Si dans l'avenir sa réalisation se montre possible, il pourra former un appoint dans l'alimentation de Paris, sans que les autres installations faites à ce moment cessent d'être convenablement utilisées.

Nous avons demandé à l'auteur du projet s'il ne serait pas disposé à faire à la Ville des propositions effectives par lesquelles, après s'être assuré les appuis financiers nécessaires, il se serait engagé à fournir l'énergie électrique aux portes de Paris dans des conditions données de prix et de quantité. Nous n'avons reçu aucune réponse à ce sujet, bien que plusieurs mois se soient écoulés depuis notre demande.

Cela dit, et l'avenir restant réservé quant à la réalisation ultérieure de ce projet, nous n'avons plus à nous en occuper dans l'étude qui va suivre.

PROJETS RELATIFS A LA PÉRIODE TRANSITOIRE.

I. SECTEUR D'ÉCLAIRAGE ET FORCE. — *Situation actuelle. Transformations à faire.* — Le Secteur d'Eclairage et Force distribue du courant continu à 110 volts dans un réseau à 2 fils. Une partie du courant est engendrée directement dans les usines à vapeur de la rue d'Alexandrie, de la rue de Bondy et du quai de la Loire. Une autre partie est engendrée sous forme alternative diphasée 6000 volts, fréquence 40, dans l'usine de Saint-Ouen, et commutée dans les sous-stations du faubourg Saint-Denis (gare du Nord) et du boulevard Barbès (Magasins Dufayel). Les portions périphériques du Secteur restent pour la plus grande partie dépourvues de canalisations.

La sous-station du boulevard Barbès ne saurait être conservée, M. Dufayel s'étant refusé à continuer à l'exploitant futur la location de l'emplacement occupé. Du moment que d'importantes modifications étaient à faire dans cette région, il a paru préférable d'y installer une distribution en courant alternatif triphasé, 4 fils, 3×110 volts, conformément à ce qui a été reconnu comme préférable dans ces quartiers, soit par nous-même, soit par la Commission technique.

Pour les autres régions le courant continu serait conservé, mais le réseau serait transformé en réseau à 3 fils pour une tension de 2×110 volts, ce qui est encore conforme au programme de la Commission technique. Nous avons l'assurance que la Compagnie du Chemin de fer du Nord continuera la location de la sous-station du faubourg Saint-Denis à un prix acceptable (environ 20000^{fr} par an pour 1000$^{m^2}$ de terrain *construit*).

Dispositions principales du traité. — Dans ses grandes lignes le traité peut se résumer comme il suit :

La concession expirant le 8 avril 1907 est prolongée jusqu'au 8 avril 1911, délai convenable pour la construction de nouvelles installations.

Une diminution de 2 centimes par hectowatt-heure est consentie sur le tarif maximum de 15 centimes, et des diminutions graduelles sont faites aux abonnés payant plus de 7 centimes.

Les ouvriers jouissent du régime appliqué au Secteur Municipal des Halles.

La Compagnie vend à la Ville les terrains et bâtiments des stations de la rue d'Alexandrie et de la rue de Bondy, les bâtiments de la station du quai de la Loire (terrains appartenant à la Ville), les batteries d'accumulateurs et les compteurs.

La Compagnie vend également à la Ville le terrain de son usine de Saint-Ouen et le terrain contigu appartenant à la Société pour le Travail électrique des Métaux avec laquelle elle est étroitement liée et pour laquelle elle se porte fort. L'ensemble de ces terrains, d'une superficie de 29000$^{m^2}$ convient parfaitement pour l'usine future ou l'une des usines futures. Il se trouve à proximité immédiate de la Seine et du Chemin de fer du Nord. Nous aurions préféré une superficie plus grande, et sommes entré en pourparlers avec MM. Ménier frères qui possèdent une parcelle limitrophe de 14000$^{m^2}$ non utilisée jusqu'à ce jour; mais nous avons dû reculer devant le prix demandé. L'augmentation de surface, si elle eût été fort utile, n'est pas indispensable. Il n'est du reste pas impossible que les conditions deviennent plus acceptables le jour où les intentions de la Ville se seraient précisées et où la vente apparaîtrait comme possible à bref délai.

La Compagnie transforme son réseau à 2 fils en réseau à 3 fils, ce qui fait plus que doubler la puissance et assure l'avenir pour bien des années. Elle établit la canalisation alternative triphasée dans la région actuellement desservie par la sous-station du boulevard Barbès. Elle établit depuis l'usine de Saint-Ouen une canalisation primaire triphasée

faite en vue de l'exploitation future et utilisable provisoirement par l'exploitation actuelle pour amener le complément de puissance nécessaire jusqu'en 1911. Elle établit dans les stations actuelles des appareils de transformation nécessaires pour distribuer dans le réseau ce complément de puissance, ces appareils étant conçus en vue de l'exploitation future. Tous ces travaux sont faits sur projets approuvés par la Ville et sous sa surveillance. Les dépenses sont remboursées par la Ville, sauf une contribution du vingtième par an pour le temps pendant lequel la Compagnie les aura utilisés.

La Compagnie assure, sans contribution de la Ville : les modifications à faire chez les abonnés par suite des modifications dans le réseau; les modifications à faire pour le même motif dans l'appareillage actuel des stations et sous-stations; les augmentations de puissance à son usine de Saint-Ouen, et les modifications nécessaires pour que cette usine puisse débiter dans les nouvelles canalisations primaires le courant triphasé à 10000 volts, en vue duquel sont construits ses nouvelles canalisations primaires et les appareils de transformation qu'elles alimentent.

Du 1er avril au 31 décembre 1911, la Compagnie assure la fourniture partielle du courant dans les proportions qui seront nécessaires pendant la substitution graduelle des nouveaux moyens de production aux anciens.

Passage au régime définitif. — La transition s'opère dans les conditions suivantes :

Au 8 avril 1911 la Ville prend possession d'un réseau de distribution transformé en vue du régime futur. Donc aucune modification n'est à faire sur ce réseau ni chez les abonnés.

Au 8 avril 1911 la Ville a construit la nouvelle usine de Saint-Ouen, au moins dans les limites voulues à ce moment, ce qui est possible en respectant l'usine actuelle; elle a également établi les canalisations primaires nécessaires.

La nouvelle usine de Saint-Ouen peut immédiatement alimenter tous les appareils de transformation nouveaux, établis dans ce but en vertu du présent traité.

La transition s'opérant pendant l'été où la demande est moindre, la Compagnie, dans les sous-stations conservées, enlève successivement les machines à vapeur et les appareils de transformation anciens, non utilisables par l'exploitation future. La Ville les remplace par les appareils de transformation nouveaux qu'elle a commandés à l'avance et alimente ces derniers par la nouvelle usine de Saint-Ouen. Les appareils anciens restent en service tant qu'ils ne seront pas enlevés, et débitent en parallèle avec les appareils nouveaux.

La transition s'opère ainsi sans chocs, sans interruption de service, sans gène pour le public, sans que ce dernier puisse pour ainsi dire s'en apercevoir.

Ainsi se trouvent résolues non seulement la question du régime provisoire et du passage au régime futur en ce qui concerne le secteur d'Éclairage et Force, mais aussi la question du choix de l'emplacement pour l'usine de l'une des usines futures, emplacement réunissant toutes les conditions que l'on peut exiger.

Examen du traité au point de vue financier. — La Ville n'acquiert rien qui lui soit inutile, et utilise pour le mieux les canalisations qui devaient lui revenir en 1907 d'après le traité actuel.

Pour les accumulateurs et compteurs les conditions sont convenables, étant donnés les prix actuels de l'industrie.

Pour les autres installations techniques, la Ville aura à examiner les projets qui lui seront présentés.

Les constructions du quai de la Loire sont évaluées à un prix modéré.

L'immeuble de la rue d'Alexandrie revient à 300000fr pour 360m², soit à 830fr par mètre carré de terrain et bâtiments; l'immeuble est en façade.

L'immeuble de la rue de Bondy revient à 500000fr pour 1000m² de terrain en toute propriété, et 500m² de terrain en indivision, ou 1250m² au total, si les terrains en indivision sont comptés pour moitié de leur surface, soit 400fr. L'immeuble est entièrement en retrait et comporte des constructions d'importance variable. S'il est plus étendu que ne l'eût exigé strictement une sous-station, il faut noter qu'une partie est et peut toujours être louée, et qu'il est fort utile, le cas échéant, de pouvoir établir des dépôts et magasins non loin du centre de Paris.

Les terrains de Saint-Ouen, si l'on déduit les installations pour alimentation d'eau, voies ferrées, clôtures, etc., pouvant valoir 200000fr, reviennent à 27fr,50 le mètre carré de terrain nu. Des estimations faites par le service des architectes-voyers résulterait une valeur notablement moindre, mais ces estimations restent quelque peu incertaines; d'autres renseignements qui nous ont été fournis donneraient une valeur d'environ 20fr, toujours avec assez d'incertitude. Nous devons d'autre part tenir compte : 1° de l'avantage que la Ville aurait à se trouver au voisinage immédiat de la Seine et du chemin de fer du Nord; 2° de l'avantage qu'on trouve à avoir côte à côte l'usine ancienne et l'usine nouvelle (les canalisations établies pour développer le débit pendant la période transitoire restent utilisables dans le régime futur); 3° de ce que la Compagnie se trouve obligée de démolir son usine actuelle qui restait utilisable pour ses services de banlieue, et subit de ce chef une perte assez importante dont il ne lui est tenu aucun compte spécial; de même la Société pour le Travail Électrique des Métaux se trouve obligée de déplacer son usine.

II. SECTEUR DE CLICHY. — Les propositions du Secteur de Clichy nous sont parvenues assez tardivement et cette Compagnie n'a pas cru devoir discuter les compléments ou modifications à y apporter. Ce projet devrait être transformé en un traité où l'on introduirait les clauses de détail analogues à celles qui figurent dans le projet du secteur d'Éclairage et Force. Nous ne retenons ici que les conditions principales qui sont proposées.

État actuel. — Le Secteur de Clichy engendre à l'usine à vapeur de la rue des Dames du courant continu à 440 volts qui est porté par des feeders à 2 fils sur les fils extrêmes d'un réseau à 5 fils à 4×110 volts. Huit sous-stations d'équilibrage dispersées sur le réseau égalisent la tension entre les 4 ponts.

L'usine à vapeur de la rue des Dames étant insuffisante, le Secteur de Clichy achète à la Compagnie du Triphasé, avec laquelle il est étroitement lié, du courant triphasé à 5000 volts (fréquence 25) produit à l'usine d'Asnières. Ce courant arrive à l'usine de la rue des Dames où il est commuté en courant continu à 440 volts qui est débité en parallèle avec le courant engendré directement.

L'usine de la rue des Dames est située, à vol d'oiseau, à 2km de la place de la Concorde, point extrême du réseau. Cette distance est bien élevée pour une distribution à 440 volts, et entraîne soit de grosses dépenses de cuivre, soit de fortes pertes en ligne et de grandes difficultés de réglage; aussi le Secteur a-t-il envisagé depuis quelques années la construction d'une nouvelle sous-station dans une position plus centrale et acquis dans ce but un immeuble de 571m², rue Pasquier.

Dispositions générales du traité. — Les propositions du Secteur comportent pour l'avenir le même système technique de distribution, avec cette différence que l'usine de la rue Pasquier serait une simple sous-station de commutation, sans machines à vapeur ni accumulateurs.

Dans leurs grandes lignes ces propositions sont les suivantes :

La concession qui doit expirer le 16 avril 1907 est prolongée jusqu'au 1er avril 1911.



Abaissement à $0^{fr},13$ par hectowatt-heure du tarif maximum de $0^{fr},15$.

La canalisation actuelle revient gratuitement à la Ville, mais celle-ci achète au 1er avril 1911 le surplus de l'actif actuel de la Compagnie : immeuble de la rue des Dames, usine à vapeur, usine de commutation, accumulateurs, compteurs en location, branchements et colonnes montantes chez les abonnés, etc. Le tout, non compris l'immeuble de la rue Pasquier encore inutilisé actuellement, a coûté 13 000 000 de francs (ce dont la Compagnie s'engage à faire la preuve) et serait payé 10 000 000 de francs.

Exécution par la Compagnie, sur projets approuvés par la Ville, et sous sa surveillance, de tous les travaux complémentaires nécessaires : usine de la rue Pasquier, extension des canalisations, construction de nouveaux branchements et colonnes montantes, acquisition de nouveaux compteurs, etc. Le tout serait acquis par la Ville au 1er avril 1911, au prix coûtant, y compris le prix d'achat de l'immeuble de la rue Pasquier, sous déduction de $\frac{1}{25}$ par an pour la durée pendant laquelle la Compagnie aurait utilisé ces installations.

A partir du 1er avril 1911, fourniture de courant triphasé à la Ville par la Compagnie du Triphasé à des conditions et pour une durée qui ne sont pas précisées dans les propositions.

Passage au régime futur. — Dans ces conditions la transition est des plus simples. Il n'y a rien à toucher dans le réseau secondaire ni chez les abonnés. Si la Ville adopte l'usine du triphasé comme fournisseur d'énergie, rien n'est à modifier nulle part. Si la Ville a construit une usine spéciale et fait les canalisations primaires en conséquence, on n'a qu'à relier successivement les transformatrices au réseau alimenté par cette nouvelle usine.

Tout cela suppose que la Ville conserverait le système actuel : primaire à fréquence 25, secondaire à 5 fils, 4×110 volts.

Si la Ville, tout en conservant la distribution secondaire actuelle, adopte pour le primaire la fréquence 50, la transition est plus compliquée pour l'exploitant, mais ne présente pas plus de gène pour le public. Les transformatrices existantes sont, l'une après l'autre, enlevées et remplacées par des transformatrices nouvelles, commandées à l'avance. L'usine du Triphasé continue à alimenter celles des premières transformatrices qui sont encore en service; l'usine nouvelle alimente les nouvelles transformatrices. Anciennes et nouvelles transformatrices débitent en parallèle sur le réseau continu.

Si la Ville, avec la fréquence 50 pour le primaire, veut sur le secondaire établir la distribution à 3 fils, 2×110 volts, la transition devient plus compliquée. Il faut à l'avance avoir établi les nouvelles sous-stations, l'abaissement de la tension entraînant à quadrupler environ le nombre des centres secondaires. Il faut avoir posé à l'avance les nouveaux câbles nécessaires, mais sans avoir pu faire aucune connexion avec les câbles anciens. Il faut avoir prévenu les abonnés du changement de système et les avoir invités à préparer à l'avance les modifications qui seraient nécessaires dans leurs installations. Enfin il faut avoir commandé les transformatrices à installer dans les sous-stations actuelles. Tout cela étant fait au 1er avril 1911, on isole une fraction du réseau sur laquelle le service est interrompu pendant quelque temps; on opère les connexions voulues; puis on alimente avec les machines nouvelles. Ainsi de suite, de proche en proche. Il en résulte forcément une gêne assez grande pour les abonnés.

Utilisation des acquisitions faites par la Ville. — D'après les propositions du Secteur de Clichy, la Ville aurait à acquérir toutes les installations de cette Compagnie. Une partie serait inutilisable dans l'avenir, partie plus ou moins grande suivant le système qui serait adopté.

Dans tous les cas, l'usine à vapeur proprement dite de la rue des Dames serait d'une utilité presque nulle (nous parlons ici de l'outillage et non de l'immeuble). L'exploitation par machines à vapeur sans condensation, dans une usine sise en pleine ville, difficilement alimentée en eau et en combustible, est des plus défectueuses. L'usine à vapeur proprement dite a coûté environ 2 500 000fr qui, avec la dépréciation admise par la Compagnie, se réduiraient à 1 800 000fr. Il y aurait là pour la Ville une perte sans compensation.

Si, tout en conservant le système de distribution actuel, la Ville renonce à l'usine du Triphasé comme fournisseur d'énergie, la nouvelle canalisation primaire sera perdue dans une plus ou moins grande proportion, suivant que les tracés venant de l'usine du Triphasé et de l'usine nouvelle coïncideront sur une plus ou moins grande longueur. La dépense prévue est de 200 000fr. On peut admettre que la moitié sera perdue, soit 100 000fr.

Si l'on abandonne la fréquence 25 pour passer à la fréquence 50, on perd en gros la valeur des transformatrices existantes ou à créer, ainsi que les tableaux primaires, soit environ 1 500 000fr.

Enfin, si l'on modifie le système de distribution, on perd : une partie de la valeur des immeubles de la rue des Dames et de la rue Pasquier qui sont moins bien utilisés, soit environ la moitié du prix ou 2 000 000fr; environ la moitié de la valeur des canalisations nouvelles à poser, soit 400 000fr; la presque totalité de la valeur des branchements et colonnes montantes, soit 3 000 000fr; environ le quart de la valeur des compteurs, soit 300 000fr. En tout, 5 700 000fr. En outre, la canalisation existant aujourd'hui exige des remaniements importants, montant au moins au tiers du prix de revient, soit environ 2 000 000fr. La perte totale serait ainsi de 7 700 000fr.

En résumé, dans les quatre hypothèses qui viennent d'être indiquées, la Ville perd :

		fr
1°	....	1 800 000
2°	1 800 000 + 100 000 =	1 900 000
3°	1 900 000 + 1 500 000 =	3 400 000
4°	3 400 000 + 7 700 000 =	11 100 000

Choix du système de distribution secondaire. — La Commission technique a admis le courant continu pour les régions à consommation dense. La délimitation que nous avions proposée à ce sujet comprenait dans ces régions la totalité du Secteur de Clichy qui, du reste, est canalisé sur presque toute son étendue. La Commission, une fois le principe posé, n'a pas discuté telle ou telle délimitation. Dans ces conditions, nous continuerons à penser que le courant continu est à conserver pour la totalité du Secteur de Clichy.

La Commission, émettant son avis d'une façon plutôt théorique et dans l'hypothèse où rien n'existerait, a donné ses préférences à une distribution à 3 fils sous 2×110 volts. Mais elle a reconnu elle-même que, pour la pratique, pour tenir compte de la situation existante, on pourrait avoir à s'écarter du projet idéal. Nous nous trouvons en présence d'un réseau assez complet à 5 fils. Les inconvénients très réels de ce système ne sont pas des inconvénients primordiaux, et l'expérience a montré qu'ils ne rendent pas impossible une bonne exploitation. Une partie des reproches qu'on lui adresse tient à la complication des installations chez les abonnés; le reproche n'a plus de valeur pour les installations existantes faites suivant ce système; seuls les nouveaux abonnés auraient intérêt à voir adopter le système à 3 fils. La conservation des 5 fils facilite singulièrement la transition, diminue dans une très large mesure l'ouverture des tranchées sur la voie publique, supprime les troubles de toute sorte chez les abonnés et les réclamations qui ne

manqueraient pas de surgir en grand nombre; enfin elle permet une bien meilleure utilisation de tout ce qui existe. Aussi, malgré son infériorité théorique, croyons-nous devoir proposer le maintien des 5 fils.

Choix du système de distribution primaire. — Quant à la fréquence du courant primaire, la question est plus douteuse. La Commission technique a donné la préférence à la fréquence 50 et nous-mêmes avons assez vivement plaidé dans ce sens, toujours dans l'hypothèse d'une table rase. Les arguments, en résumé, étaient les suivants : une partie de Paris devra être desservie en courant alternatif; les fréquences 50 et 25 présentent des avantages et inconvénients sensiblement compensés pour la plupart des usages, commutation en continu, force motrice, éclairage par courant alternatif et par lampes à incandescence, etc. Sur un seul point l'infériorité de la fréquence 25 est caractérisée : c'est pour l'éclairage par arcs alternatifs. Bien que l'éclairage par arcs ne soit pas un facteur prépondérant dans une distribution électrique, on ne saurait cependant adopter un procédé qui le rendrait impossible ou au moins très défectueux. Nous nous trouvons donc *aujourd'hui* en face de deux alternatives :

1° Conserver la fréquence 25 sur le Secteur de Clichy en utilisant au mieux tout ce qui est ou aura été fait dans ce but; avoir dans l'usine ou les usines centrales 2 séries de machines et 2 tableaux; avoir en ville 2 réseaux primaires distincts. On enverrait ainsi du courant à la fréquence 25 sur le territoire actuel du Secteur de Clichy et sur d'autres territoires où, pour des raisons analogues, on le jugerait bon; on enverrait du courant à la fréquence 50 sur les territoires à desservir en alternatif, sur le territoire entier du Secteur d'Éclairage et Force où les circonstances locales se prêtent mieux à cette fréquence, etc.

2° Adopter partout la fréquence 50 en perdant de ce chef, sur les installations du Secteur de Clichy, une somme de 1 500 000fr.

La question de la fréquence peut être réservée pour le moment. Dans un ensemble de dépenses pouvant aller à 130 000 000 de francs l'éventualité d'une perte de 1 500 000fr n'a pas une importance majeure. Si nous ne voyons *aujourd'hui* que les deux alternatives qui viennent d'être indiquées, nous pouvons en voir *demain* une troisième, l'adoption générale de la fréquence 25, les constructeurs étant en train de faire de sérieux progrès dans la construction des lampes à arc à cette fréquence 25.

Examen du traité au point de vue financier. — Dans les comptes faits par la Société de Clichy, les installations sont portées à leur prix d'achat, déduction faite de 30 pour 100 en moyenne. Ces conditions sont acceptables, sauf en ce qui concerne l'usine à vapeur de la rue des Dames.

L'immeuble même de la rue des Dames est porté pour son prix de revient, environ 3 400 000fr, qui serait réduit à environ 2 400 000fr d'après les propositions du Secteur. Il comporte une surface de 2700m², ce qui donne environ 900fr par mètre carré pour terrain et constructions. Sur ces 2700m², l'usine figure pour 2010m², la cour pour 130m², les bâtiments d'administration pour 560m².

L'immeuble de la rue Pasquier figure dans les comptes pour 430 000fr. La surface est de 571m², ce qui met le prix du mètre carré à 730fr. Sur cette surface, un bâtiment de 187m² serait à conserver pour la location. Sur le surplus les bâtiments existants seraient démolis et remplacés par un nouveau bâtiment industriel évalué à 500 000fr.

Quant aux installations nouvelles, elles seraient faites sur projets approuvés par la Ville.

Résumé. — En résumé, les conditions faites par le Secteur de Clichy seraient acceptables sous les réserves suivantes :

1° Préciser les points de détail non traités dans les propositions faites par le Secteur.

2° Préciser les conditions de fourniture de l'énergie électrique par l'usine du Triphasé, par exemple : durée maxima de 5 ans à partir du 1er avril 1911; quantité variable au gré de la Ville; prix de 0fr,20 et de 0fr,10 le kilowatt-heure, applicable le premier de la tombée de la nuit à 10h du soir, le second le reste du temps.

3° Réduire fortement les sommes demandées pour l'achat de l'actif actuel, notamment en ce qui concerne l'usine à vapeur; le total à payer de ce chef devrait être réduit à 7 000 000 de francs.

4° Réduire d'au moins moitié la part à la charge de la Ville dans les canalisations primaires nouvelles qui ne seraient qu'imparfaitement utilisées dans l'avenir.

III. Secteur de l'Air comprimé. — La Compagnie de l'Air comprimé n'a pas fait de propositions à proprement parler. Le texte que nous présentons après discussion avec ses représentants indique simplement le minimum de ce qu'elle serait en ce moment disposée à réclamer, ces exigences pouvant s'élever encore au moment où l'on en viendrait à un engagement ferme.

État actuel. — Le courant est engendré à 440 volts par l'usine de Jemmapes; les sous-stations de Saint-Roch, Mauconseil et Sévigné se bornent à régler et à subdiviser la tension dans le réseau à 5 fils et 4×110 volts. Pour une faible part, les vieilles usines de Richard-Lenoir et de Saint-Fargeau envoient du courant continu à haute tension qui est réellement converti dans les trois sous-stations.

Conditions principales du traité. — Le traité, dans ses grandes lignes, comporte les clauses suivantes :

La concession qui doit expirer le 8 avril 1907 est prolongée jusqu'au 8 avril 1911.

Abaissement à 0fr,13 par hectowatt-heure du tarif maximum de 0fr,15; abaissements gradués pour les abonnés payant plus de 0fr,07.

Application aux ouvriers du régime appliqué par le Secteur municipal.

Achat par la Ville, au 8 avril 1911, des trois immeubles de Saint-Roch, Mauconseil et Sévigné.

Achat à la même date des batteries d'accumulateurs et des compteurs d'abonnés.

Jusqu'à la même date exécution, par la Compagnie, des travaux d'extension de toute nature reconnus utiles d'un commun accord par les deux parties et conformes au programme futur que la Ville aura fait connaître. Paiement par la Ville, au 8 avril 1911, de la part non amortie des dépenses ainsi faites, l'amortissement étant réputé s'opérer en 25 ans.

A partir du 8 avril 1911, la Ville opère la transformation du réseau comme elle le juge bon. Dans les sous-stations, la Compagnie enlève au fur et à mesure ses installations pour faire place aux nouvelles machines; elle continue, jusqu'au 8 avril 1912, à fournir le courant nécessaire avec les machines restées provisoirement en service.

Le territoire du Secteur de l'Air comprimé n'est canalisé que sur une faible étendue qui coïncide sensiblement avec la zone où, dans l'avenir, le courant continu serait conservé.

Choix du système de distribution. — Quel que soit le régime adopté dans l'avenir, la Ville ne fait pas de dépenses inutiles; tout au plus pourrait-on dire que, si l'on adopte le système à 3 fils et 2×110 volts, il faudra des sous-stations plus nombreuses et moins importantes, que dès lors les immeubles acquis seraient moins bien utilisés.

Comme pour le Secteur de Clichy, se pose la question du système futur : 3 ou 5 fils au secondaire; fréquence 25 ou 50 au primaire. Les arguments sont à peu près de même ordre et nous conduiraient aux mêmes conclusions. Si l'on n'a pas à envisager l'inutilisation des machines acquises par la Ville, on a toujours à considérer les difficultés de la tran-



sition et l'utilisation du réseau qui doit revenir à la Ville. La situation spéciale du Secteur de l'Air comprimé appelle cependant quelques observations.

A ne considérer que la partie de ce Secteur où le courant continu doit être maintenu, la canalisation présente encore d'importantes lacunes, notamment dans les quartiers industriels entre le boulevard Sébastopol et le boulevard Richard-Lenoir. Plus le régime futur sera conforme au régime actuel, plus il sera facile de donner satisfaction, à bref délai et sans fausses manœuvres onéreuses, à une partie si intéressante de la population. C'est une raison de plus pour le maintien des 5 fils.

Pour le supplément de puissance qui serait nécessaire dans la région où le courant continu serait maintenu, la Compagnie trouverait, paraît-il, plus de facilité à acheter de l'énergie primaire sous forme de courant triphasé, à la fréquence 25, sans immobiliser de capitaux dans des groupes électrogènes nouveaux. Ce serait un argument en faveur de la fréquence 25 pour les régions à alimenter en courant continu.

Une autre région industrielle qu'il serait fort utile de pouvoir desservir à bref délai et sans fausses manœuvres serait comprise entre le faubourg Saint-Antoine et le rond-point de la Villette. Cette région, qui n'est pour ainsi dire pas desservie aujourd'hui, doit être desservie à l'avenir en courant alternatif. Les moyens d'action dont dispose le Secteur de l'Air comprimé ne lui permettent pas de fournir le courant sous cette forme. Si effectivement il trouve à se procurer plus facilement du courant primaire à la fréquence 25, il pourrait y avoir là un argument sérieux en faveur de cette fréquence. Les sous-stations et canalisations pourraient être installées à bref délai et seraient utilisables à l'avenir; seules les canalisations primaires pourraient être en partie perdues.

Examen du traité au point de vue financier. — Les conditions d'achat des compteurs et accumulateurs sont convenables étant donnés les prix actuels de l'industrie.

L'immeuble de la rue Saint-Roch comporte une surface de 315$^{m^2}$ entièrement construite. L'immeuble de la rue Mauconseil comporte 650$^{m^2}$ dont 78$^{m^2}$ à l'état de cour et 572$^{m^2}$ construits. L'immeuble de la rue de Sévigné comporte 650$^{m^2}$ dont 178$^{m^2}$ à l'état de cour et 472$^{m^2}$ construits. On trouve en tout 1615$^{m^2}$ dont 256$^{m^2}$ à l'état de cour et 1359$^{m^2}$ construits. Le prix de 2000000 de francs ressort donc à 1250^{fr} par mètre carré pour terrains et constructions.

Sur la surface totale construite de 1359$^{m^2}$ les sous-stations utilisent actuellement 770$^{m^2}$; le surplus, 589$^{m^2}$, est et pourra continuer à être loué jusqu'à ce qu'on en ait besoin pour magasins ou bureaux. La valeur locative est de 21850^{fr} par an, soit un capital de 400000^{fr}.

IV. Ensemble du programme en ce qui concerne la période transitoire et le passage au régime futur. — *Résultats acquis avec les trois traités.* — En résumé, et sous réserve des modifications qu'il est permis d'espérer dans les conditions faites par le Secteur de Clichy, les traités ci-joints assurent d'une façon acceptable le régime transitoire dans les régions desservies par trois Secteurs et donnent à la Ville le terrain nécessaire pour la construction de l'usine ou de l'une des trois usines qui seraient à établir dans l'avenir.

La distribution continue à 2 fils serait transformée en distribution à 3 fils sur le réseau du Secteur d'Éclairage et Force. La distribution à 5 fils serait conservée sur les réseaux des Secteurs de Clichy et de l'Air comprimé. Nous avons donné plus haut les raisons pratiques qui motivent cette dérogation partielle à l'avis théorique de la Commission technique. Du reste, au cours de la discussion, chacun a parfaitement admis que des dérogations de ce genre pourraient se produire à la suite des pourparlers à engager avec les Secteurs.

On peut discuter sur les avantages particuliers de tel ou tel système en soi, il importe aussi d'examiner si l'hétérogénéité à laquelle nous arrivons présente des inconvénients.

A notre avis, ils sont faibles en ce qui concerne le réseau secondaire. Chaque sous-station aura son domaine à peu près déterminé. Tout au plus deux sous-stations voisines seraient appelées à se porter mutuellement secours. Il est donc peu important que toutes les sous-stations distribuent ou non le même courant, à la seule condition que la diversité ne soit pas poussée à l'extrême. Dans les limites auxquelles on arrive avec le présent projet, la chose reste acceptable. Dans la partie commune à plusieurs Secteurs, on pourra, au début du régime nouveau, se trouver avoir deux réseaux enchevêtrés, l'un à 3 fils, l'autre à 5 fils. Il sera facile d'arriver par la suite à une situation plus régulière.

Les inconvénients seraient plus sérieux en ce qui concerne la forme du courant primaire. Si l'on est amené à produire du courant primaire avec deux fréquences différentes, chaque usine peut rester une au point de vue des chaudières, alimentation en eau et en charbon, direction générale, etc.; mais, au point de vue électrique, elle est forcément divisée en deux parties ne pouvant se porter secours. La canalisation primaire se trouve également divisée en deux réseaux distincts, ne pouvant se porter secours. Diviser une usine de 70000 kilowatts en deux parties ayant chacune de 20000 à 50000 kilowatts serait un inconvénient relativement faible. Diviser trois usines de 20000 à 30000 kilowatts en six parties de 10000 à 15000 kilowatts serait plus fâcheux pour l'économie de l'exploitation. Malgré tout, il n'y aurait là rien d'absolument inadmissible si cette diversité était commandée par les nécessités de la période transitoire.

Si les trois projets ci-dessus étaient acceptés, la Ville arriverait en 1911 avec l'usine centrale construite et les réseaux équipés en vue des types de distribution suivants :

	Primaire.	Secondaire.
Secteur de Clichy...	fréquence 25 ou 30	continu 5 fils
Secteur d'Eclairage et Force :		
Partie centrale.....	fréquence 50	continu 3 fils
Partie périphérique.	fréquence 50	alternatif triphasé fréquence 50
Secteur de l'Air comprimé :		
Partie centrale.....	fréquence 25 ou 50	continu 5 fils
Partie périphérique.	fréquence 25 ou 50	alternatif triphasé fréquence 25 ou 50

Mode de transition en ce qui concerne les Secteurs n'ayant pas traité. — La transition étant ainsi préparée pour la moitié de Paris, que conviendrait-il de faire pour l'autre moitié composée des Secteurs Edison, Champs-Élysées et Rive gauche, qui jusqu'ici se sont refusés à toute mesure pour assurer le passage d'un régime à l'autre?

Le Secteur Edison voit sa concession expirer au 8 avril 1907. A cette date, quelque diligence qu'on y mette, il est impossible d'avoir construit l'usine centrale nouvelle. En dehors des moyens que le Préfet de la Seine peut tirer de la législation générale, nous ne voyons, pour le cas où le Secteur resterait irréductible, que deux solutions :

1° Procéder au rachat en vertu du cahier des charges actuel. Le service du Contentieux aurait à examiner les diverses questions posées à ce sujet. Le coût des installations faites est d'environ 13000000 de francs, non compris les canalisations. Le rachat se complique du fait que les trois sous-stations constituant le groupe du faubourg Montmartre sont dans des locaux loués.

2° Remplacer les centres de Trudaine et du faubourg Montmartre par deux sous-stations nouvelles situées au voisinage, et fournissant le même courant continu à 3 fils

2 × 110 volts qui est fourni actuellement. Les raccorder avec la canalisation actuelle, ce qui serait assez délicat, le Secteur ayant refusé jusqu'ici de fournir un plan suffisamment détaillé de son réseau. Alimenter ces sous-stations avec du courant triphasé de fréquence 25 qui pourrait être fourni par la nouvelle usine de Saint-Denis (Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et tramways électriques) ou par l'usine d'Asnières (Compagnie du Triphasé). Il y aurait là toute une étude nouvelle à faire et l'on rencontrerait bien des difficultés.

Les concessions des Secteurs des Champs-Élysés et de la Rive gauche expirent en août 1908 et décembre 1908. Pour cette époque il ne serait pas impossible d'avoir construit l'usine centrale, *à condition de pousser avec une très grande hâte toutes les formalités,* et étant donné que le traité passé avec le Secteur d'Éclairage et Force assure à la Ville (sans formalités d'expropriation) le terrain nécessaire. Il faudrait seulement obtenir de ce Secteur de pouvoir prendre à bref délai possession des terrains, ce qui paraît possible. Un petit nombre de sous-stations, vraisemblablement six pour l'ensemble des deux Secteurs, transformeraient le courant primaire en courant alternatif monophasé 3000 volts semblable à celui qui est actuellement distribué, sauf une légère variation dans la fréquence qui passerait de 40 et 42 à 50. Si contre toute probabilité les Secteurs refusaient de vendre à bon compte les transformateurs d'abonnés, de nouveaux transformateurs pourraient avoir été acquis. De même pour les branchements. Toute cette combinaison entraînerait forcément certaines interruptions de service. — Les choses ainsi établies à la fin de 1908, on serait très vraisemblablement amené à conserver ce système définitivement, ou à ne le transformer qu'en quelques points sans importance. La solution serait assurément moins parfaite qu'avec une distribution générale en triphasé. Mais ici encore les circonstances de fait commandent de s'écarter quelque peu d'un idéal théorique. La Commission technique a, du reste, reconnu (Chap. V du Rapport) que sur le territoire des deux Secteurs en question la distribution actuelle pouvait être conservée.

On aurait encore la ressource du rachat dont certaines conditions seraient à examiner par le service du Contentieux. Le coût total des installations, canalisations non comprises, est pour les deux Secteurs de 22 000 000 de francs.

Enfin, pour épuiser les solutions possibles, on pourrait créer des sous-stations, toujours en petit nombre, transformant en courant monophasé 3000 volts, fréquence 40 à 50, le courant primaire fourni par l'usine de Saint-Denis ou d'Asnières à la fréquence 25. Mais ces sous-stations devraient être formées de machines tournantes et, par suite, coûteuses. De plus, il est douteux que les usines d'Asnières et de Saint-Denis puissent fournir à la fois le courant nécessaire ici et le courant qui serait nécessaire dans la région desservie par le Secteur Edison.

Résultats d'ensemble. — En résumé, nous obtenons les résultats suivants :

Sur le réseau des trois Secteurs qui consentent à traiter, les abonnés obtiennent un léger abaissement des tarifs. Sur le réseau des trois autres Secteurs on pourrait réaliser des abaissements de même ordre à partir du terme des concessions actuelles, avril 1907 pour Edison, août et décembre 1908 pour les Champs-Élysées et la Rive gauche. On ne pourrait, avant 1911, donner au public les tarifs beaucoup plus réduits qu'il est en droit d'espérer vu l'état actuel de l'industrie électrique.

La transition s'opère sans difficulté en ce qui concerne les trois Secteurs ayant accepté de traiter. En ce qui concerne les trois autres Secteurs, elle est à la rigueur possible, mais au prix de difficultés assez grosses, de fausses manœuvres et de dépenses supplémentaires.

Sur les trois Secteurs ayant accepté de traiter on arrive en 1911 au régime définitif. Sur le Secteur Edison on n'a pas à modifier le régime en ce qui concerne la distribution; en ce qui concerne la production une étape intermédiaire serait à franchir entre le régime actuel qui finirait en 1907 et le régime définitif qui débuterait en 1911. Sur les deux Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche on réaliserait le régime définitif à la fin de 1908.

Dans son ensemble, le régime définitif vers lequel on tendrait présenterait quelques différences avec celui dont la Commission technique avait tracé le programme *théorique*. Mais ces différences se justifient suffisamment par les circonstances de fait.

Coût de l'opération. — Quelles pourraient être les conséquences financières, directes ou indirectes, de l'ensemble du programme que nous soumettons :

Les sommes à payer au Secteur d'Éclairage et Force seraient les suivantes :

	fr
Terrains de Saint-Ouen, prix ferme......	1 000 000
Immeubles de Bondy, d'Alexandrie et construction du quai de la Loire, prix ferme.	820 000
Compteurs, 2500 à 100fr en moyenne.....	250 000
Transformation du réseau actuel en réseau à 3 fils ou en réseau triphasé..........	2 000 000
Nouvelles commutatrices, 2000 kilowatts à 150fr................................	300 000
Accumulateurs..........................	450 000
Total...............	4 820 000

Les sommes à payer au Secteur de l'Air comprimé seraient les suivantes :

	fr
Immeubles de Saint-Roch, Mauconseil et Sévigné, prix ferme....................	2 000 000
Compteurs, 4000 à 100fr..................	400 000
Accumulateurs..........................	1 200 000
Total...............	3 600 000

Les sommes à payer au Secteur de Clichy, en considérant comme accordées les conditions que nous avons réclamées plus haut, seraient les suivantes :

	fr
Actif actuel............................	7 000 000
Actif nouveau à créer...................	3 000 000
Total..............	10 000 000

Pour les autres Secteurs, l'évaluation est plus incertaine. Admettons qu'on rachète le seul Secteur Edison.

Pour le Secteur Edison, le coût des installations actuelles, canalisations non comprises, est d'environ 13 000 000 de francs. A défaut de bases d'évaluation quelque peu probables, nous indiquons une somme de 7 000 000fr

Les Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche ne seraient pas rachetés en vertu de l'article 21 du cahier des charges. On offrirait simplement l'acquisition amiable des compteurs, transformateurs et branchements. A défaut d'entente, la Ville pourrait commander en temps utile de nouveaux transformateurs et branchements, et la dépense serait du même ordre de grandeur. A défaut de renseignements précis fournis par les Secteurs, nous inscrivons de ce chef une somme de 6 000 000fr

Moyennant le paiement des sommes ci-dessus, la Ville serait propriétaire des branchements et colonnes montantes, sauf pour les deux Secteurs d'Éclairage et Force et de l'Air comprimé pour lesquels cette acquisition n'est pas prévue. Si la Ville voulait réaliser une situation uniforme pour l'ensemble de Paris, elle serait conduite à faire cette acquisition qui représenterait............................ 2 000 000fr

La Ville aurait, en outre, à établir l'usine centrale, et,

dans Paris même, diverses installations nouvelles. Pour ces dernières, les délimitations actuelles des Secteurs ne joueraient plus aucun rôle précis; nous les conservons, cependant, à titre d'indication, les traités passés avec chaque Secteur ayant une influence sur l'esprit dans lequel les nouveaux travaux seraient conçus. Certains de ces travaux pourraient être exécutés par les Secteurs eux-mêmes pendant la période transitoire, mais la dépense resterait sensiblement la même pour la Ville.

L'usine centrale de 70000 kilowatts coûterait, dans l'hypothèse la plus économique.................... 35000000^{fr}

Les canalisations primaires issues d'une usine unique coûteraient.................................. 12000000^{fr}

Sur le Secteur d'Éclairage et Force, il faudrait faire les dépenses suivantes :

	fr
Local pour trois sous-stations alternatives à faire de suite suivant convention avec le Secteur............................	100000
Transformatrices pour sous-stations continues; 6000 kilowatts à 150^{fr}, y compris accessoires............................	900000
Local pour trois sous-stations alternatives nouvelles............................	100000
Équipement électrique de ces trois sous-stations; 600 kilowatts à 50^{fr}, y compris accessoires............................	30000
Compteurs nouveaux............................	100000
Nouveaux branchements et colonnes montantes............................	100000
Total............	1330000

Sur le Secteur de Clichy, les dépenses seraient les suivantes :

	fr
Commutatrices nouvelles, pour remplacer les commutatrices actuelles, si l'on ne conserve pas la fréquence 25........	1500000
Commutatrices nouvelles pour faire face à l'augmentation de consommation qui suivra l'abaissement des tarifs.........	500000
Complément de canalisation..............	1000000
Nouveaux compteurs, branchements, etc.	1000000
Total..............	4000000

Sur le Secteur de l'Air comprimé, les dépenses seraient les suivantes :

	fr.
Commutatrices, 10000 kilowatts à 150^{fr}.......	1500000
Complément du réseau secondaire continu...	2000000
Sous-stations alternatives pour la partie non canalisée actuellement, 3000 kilowatts à 100^{fr}, y compris terrains et bâtiments............	300000
Canalisation secondaire alternative...........	2000000
Nouveaux compteurs, branchements et colonnes montantes..................................	1000000
TOTAL..........	6800000

Sur le Secteur Édison les dépenses seraient de :

	fr.
Terrains et bâtiments pour une sous-station continue remplaçant le groupe du faubourg Montmartre, qui est en location...........	600000
Commutatrices, 10000 kilowatts à 150^{fr}......	1500000
Complément du réseau secondaire continu....	1000000
Sous-stations alternatives pour la partie périphérique, 400 kilowatts à 100^{fr}.............	40000
Canalisation secondaire alternative..........	500000
TOTAL..........	3640000

Sur les Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche, en admettant qu'on y conserve le type de distribution actuel et par suite la canalisation à 3000 volts, les dépenses seraient :

	fr.
Sous-stations transformant le courant de 10000 volts à 3000 volts, 20000 kilowatts à 100^{fr}...	2000000
Complément de canalisation à 3000 volts....	1500000
Nouveaux transformateurs, compteurs, branchements et colonnes montantes...........	2000000
TOTAL..........	5500000

Résumé :

	fr.
Somme à payer au Secteur d'Éclairage et Force.	4820000
» Air comprimé.....	3600000
» de Clichy..........	10000000
» Edison............	7000000
» Champs-Élysées et Rive gauche......	6000000
Achat des branchements et colonnes montantes sur les Secteurs d'Éclairage et Force et de l'Air comprimé.........	2000000
Usine centrale..............................	35000000
Canalisation primaire.........................	12000000
Somme à dépenser sur le territoire du Secteur d'Éclairage et Force	1330000
» sur le territoire du Secteur de Clichy....	4000000
» sur le territoire du Secteur de l'Air comprimé	6800000
» sur le territoire du Secteur Édison..................	3640000
» sur le territoire des Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche	5500000
	101690000
Pour imprévus de toute nature, sujétions spéciales, etc., il faut ajouter largement ¼......	28310000
TOTAL....	130000000

Dans notre étude présentée à la Commission technique nous étions arrivés à des chiffres voisins de 100000000 de francs. La Commission elle-même s'est arrêtée à ce chiffre. Mais il n'était pas tenu compte des sujétions de la période transitoire, et de certains achats peu utiles pour l'avenir, auxquels nous ont amenés les négociations avec les Secteurs. Par contre, nous réalisions ce qui, en l'état actuel de l'industrie, pourrait être considéré comme le régime idéal. Ici, au contraire, nous nous en écartons en deux points principaux : conservation du réseau à 5 fils là où il existe, conservation de la distribution en monophasé 3000 volts là où elle existe.

La Commission technique est arrivée pour le cas d'usines neuves à un prix de revient de 0^{fr},33 par kilowatt-heure, charges de capitaux comprises, à une vente annuelle de 52500000 kilowatts-heure dans le début, et à deux tarifs, l'un de 0^{fr},525, l'autre de 0^{fr},110, lesquels ne comprenaient ni les bénéfices de l'exploitant, ni la redevance à la Ville. Même en tenant compte d'une augmentation du prix de revient due à une imperfection relative des moyens de production, on voit que les tarifs de 0^{fr},70 et de 0^{fr},15 laisseraient à la Ville un bénéfice moyen d'environ 0^{fr},10, soit pour 52500000 kilowatts-heure une somme de 5000000 de francs. Avec des tarifs de 0^{fr},60 et 0^{fr},15 le bénéfice se réduirait à 2000000 ou 3000000 de francs.

Développement pendant la période transitoire. — Le développement de l'électricité sera restreint d'ici 1909 sur les deux Secteurs alternatifs, d'ici 1911 ou 1910 sur les autres, parce qu'il entraînerait des installations dont une

partie resterait inutilisée dans l'avenir. Afin de diminuer cet inconvénient, il y aura à pousser aussi activement que possible la construction de l'usine centrale et des nouvelles canalisations. Pour une région particulièrement intéressante, la partie peu ou pas canalisée du Secteur de la Compagnie de l'Air comprimé, les développements possibles dépendront dans une grande mesure des moyens qu'aura cette Compagnie de faire face dans le début aux augmentations du débit et de la forme du courant qu'elle pourrait ainsi fournir.

Conclusion. — Si la Ville tient surtout à organiser la distribution en régie dans le plus bref délai possible, il y aurait lieu de compléter les traités dont le texte, surtout en ce qui concerne le Secteur de Clichy, ne saurait être regardé comme définitif, et de passer avec la Compagnie du Chemin de fer du Nord et avec la Compagnie du Triphasé les traités que nous avons mentionnés relativement à la location de la sous-station du faubourg Saint-Denis, et à la fourniture du courant primaire. Les finances de la Ville étant engagées et l'emprunt étant nécessaire, une autorisation législative devrait être demandée. Il en serait de même au cas où la Ville, tout en se réservant d'accorder les concessions ultérieurement, voudrait pour le moment conserver sa liberté en assurant la période transitoire; dans ce cas, en effet, la Ville contracterait des engagements financiers dont elle serait pour le moment seule responsable.

En résumé, quelque réels que soient les inconvénients du programme que nous présentons ici, nous estimons que, vu les circonstances où nous nous trouvons, il y aurait lieu de poursuivre les négociations dans cet ordre d'idées, si la Ville veut recouvrer au plus tôt sa liberté pour organiser la régie. Il faudrait alors que les marchés, pour la construction de l'usine centrale et autres grosses installations, soient passés à bref délai et que toutes les formalités préalables soient remplies en temps utile; sans quoi, la Ville devrait procéder au rachat des trois Secteurs n'ayant pas traité, ce qui aggraverait les charges financières.

Au contraire, si la Ville accepte d'engager l'avenir pour de plus longues années, il y aurait à envisager les combinaisons, beaucoup plus avantageuses, étudiées dans la suite du présent rapport.

PROJETS ENGAGEANT LA PÉRIODE DÉFINITIVE.

I. Compagnie continentale Édison. — Le projet de la Compagnie Edison est incomplet et passe sous silence beaucoup de clauses qui devraient figurer dans un traité; d'autre part, certaines des conditions qui figurent au projet nous paraîtraient devoir être modifiées. La Compagnie Édison n'a pas cru, pour le moment, devoir discuter avec nous ces diverses additions ou modifications.

Examen du projet. — Telles qu'elles se comportent, les propositions, réduites à leurs clauses principales, contiennent les conditions principales ci-après :

La concession est donnée pour la partie de Paris située sur la rive droite de la Seine. La proposition se trouverait complétée par une proposition du Secteur de la Rive gauche analysée plus bas et demandant la concession pour la rive gauche de la Seine. La distribution serait ainsi assurée pour l'ensemble de Paris. Mais cette division ne serait pas la meilleure pour l'avenir. Le 16e arrondissement, voisin de l'usine d'Issy, ne serait pas desservi par elle. Les 11e, 12e, 20e et 4e arrondissements, relativement voisins de l'usine qui pourrait être éventuellement construite à Ivry pour le 13e et une partie du 14e arrondissement, ne seraient pas non plus desservis par cette usine. Tant que les concessions fonctionnent, la chose a relativement peu d'importance si les prix de vente sont convenables. Il en serait autrement le jour où la Ville reprendrait possession de l'ensemble. Malgré cet inconvénient, la délimitation proposée n'a rien de prohibitif.

La Ville rachète les installations des Secteurs actuels, les remet à la Société nouvelle qui lui rembourse le prix. — Pour ne pas être astreint à une autorisation législative, il faudrait que les finances de la Ville ne soient aucunement engagées et que des provisions suffisantes couvrent la Ville, seule responsable devant les Secteurs. Le Service du Contentieux aurait à examiner s'il ne conviendrait pas de libeller autrement cette clause, et de dire, par exemple, que la Ville cède à la Société nouvelle son droit de rachat vis-à-vis des Secteurs.

Toutes les nouvelles installations sont faites sur projets approuvés par la Ville. — Pas d'observations.

La Ville devient gratuitement propriétaire du tout, en fin de concession. — Pas d'observations.

La Société reste maîtresse de ses tarifs au-dessous de certains maxima. — La clause est acceptable.

Les prix maxima sont de 0fr,60 le kilowatt-heure pour l'éclairage privé; 0fr,25 pour la force motrice; 0fr,50 pour les établissements municipaux; 0fr,25 pour l'éclairage des voies publiques. — La forme des tarifs n'est pas celle que nous aurions préférée, mais l'inconvénient peut être corrigé par la liberté laissée au concessionnaire. — En ce qui concerne les prix eux-mêmes, la Commission technique est arrivée, dans des conditions non identiques, mais analogues, à des prix de revient de 0fr,525 et 0fr,110. Avec la majoration pour bénéfices, le premier prix peut être porté à 0fr,60, mais le second ne devrait pas s'élever à plus de 0fr,15; on peut admettre 0fr,20, étant donné que les deux prix ne s'appliquent pas absolument au même objet. Le prix de 0fr,50 pour les établissements municipaux devrait s'appliquer exclusivement à l'éclairage; il conviendrait d'en établir un autre, de 0fr,18 par exemple, pour force motrice dans ces mêmes établissements municipaux. — Pour l'éclairage public, il convient de laisser la Ville l'organiser elle-même, la Société fournissant simplement le courant. Ce dernier pourrait être fourni au prix de 0fr,45 le kilowatt-heure de l'allumage à 10h du soir, et 0fr,15 le reste du temps.

Une fois prélevés l'intérêt à 4 pour 100 et l'amortissement des actions et obligations, le surplus des bénéfices est partagé pour moitié entre la Ville et la Société. — Il nous semblerait préférable d'assurer en outre à la Ville une redevance, par exemple 10 pour 100 sur la recette brute, dût-on pour cela majorer dans le même rapport les prix de vente indiqués plus haut. — D'autre part, lorsque les actionnaires auraient touché, comme intérêt et dividende, un total de 6 pour 100, le surplus des bénéfices devrait être partagé à raison de deux tiers pour la Ville et un tiers pour la Société.

Trois administrateurs seraient à la nomination du Préfet de la Seine. — Le nombre total des administrateurs n'étant pas spécifié et pouvant être élevé, cette clause ne donnerait à la Ville aucune influence dans les décisions et pourrait lui laisser une apparence de responsabilité. Il nous paraîtrait préférable de stipuler, pour les représentants de la Ville, le droit d'assister à toutes les réunions, assemblées générales, conseil d'administration, comités divers et d'y présenter des observations, le tout sans préjudice du contrôle qu'elle exercerait directement.

Le personnel est soumis au même régime que le personnel municipal similaire. — Pas d'observations.

La concession prend fin au 30 juin 1942, sauf en cas de rachat. — Pas d'observations.

Le rachat peut avoir lieu à partir du 31 décembre 1922 en prévenant la Société 5 ans à l'avance. — Il serait désirable d'avancer l'époque possible du rachat, et surtout de raccourcir le délai de préavis qui devrait être réduit à un an.

En cas de rachat, la Ville continue le service des obligations, rembourse la part non amortie des actions et assure à la Société pour les années restant à courir une annuité

égale à sa part du produit net moyen des sept dernières années, déduction faite des deux plus faibles. — Nous n'avons pas d'observation à faire au fond, mais il y a un vice de rédaction. A l'article 10 on comprend dans les produits nets le premier intérêt de 4 pour 100 servi aux actionnaires. Si la Ville rembourse le capital, elle ne doit en toute justice payer par annuités que le supplément de bénéfices dont elle prive les actionnaires.

Résumé. — Sous réserve des modifications qui viennent d'être signalées et des nombreux compléments de détail à introduire dans le traité, le projet paraît acceptable.

II. SECTEUR DE LA RIVE GAUCHE. — La première proposition du Secteur n'était qu'une sorte d'avant-projet. A la suite des discussions qui ont eu lieu entre la Compagnie et nous, elle a transformé ses premières propositions en un texte plus complet que nous joignons au présent rapport.

Situation financière du Secteur. Économie générale du traité. — Le Secteur est au capital-actions de 9000000 de francs et a en outre émis 13000000 de francs d'obligations. D'après le Tableau d'amortissement, les sommes restant dues sur les obligations seraient, en nombres ronds :

Au 31 décembre	1908..........	8400000fr
»	1910..........	7200000fr

Au moyen des recettes nettes d'exploitation, la Société a fait face au service des obligations. Les sommes disponibles en surplus ont été mises en réserve, consacrées à des améliorations de matériel ou affectées à des règlements de compte n'intéressant pas l'exploitation même du Secteur. Les actionnaires n'ont reçu qu'un intérêt de 5 pour 100 pendant les trois années correspondant à la période de construction et un dividende de 12fr en 1900.

La valeur des immobilisations au 31 décembre 1904, d'après le bilan et en nombres ronds, est de :

	fr
Canalisation........................	6400000
Actif restant propriété de la Compagnie.	11100000
	17500000

On sait, d'autre part, que le Secteur a réclamé à diverses reprises que la date d'expiration de la concession fût fixée non en décembre 1908, mais en décembre 1912. La Ville n'a pas admis cette prétention.

Dans ces conditions, le Secteur demande une prolongation de concession comprenant deux périodes :

1° Du 1er janvier 1906 au 31 décembre 1910, on appliquerait les clauses du cahier des charges actuel, sauf quelques modifications dans l'obligation de canaliser, et sauf une baisse immédiate et assez importante des tarifs avec maximum de 0fr,10 au lieu de 0fr,15 l'hectowatt-heure, et baisses graduées pour les abonnés payant plus de 0fr,07.

2° Du 1er janvier 1911 au 31 décembre 1945, l'exploitation se fait sur de nouvelles bases, analogues à celles qui ont été proposées par la Compagnie Continentale Edison.

Au point de vue des partages des bénéfices avec la Ville, comme au point de vue du rachat éventuel, il était important de bien déterminer les dettes à prendre en charge au début du nouveau régime. Sans qu'il y ait lieu d'insister longuement, on ne pourrait ici se baser sur le montant des sommes versées par les actionnaires et obligataires, même en déduisant les amortissements opérés. En toute justice, on doit simplement admettre comme charge de l'exploitation future la valeur de ce que lui transmet l'exploitation ancienne. Laissons de côté les canalisations, propriété de la Ville. Le surplus figure au bilan pour 11100000fr d'après le prix d'achat. Mais quelle valeur peut-on attribuer à des machines de faible dimension, d'un type relativement ancien, à des installations conçues en vue d'un système de distribution qui n'est peut-être pas le meilleur? L'évaluation serait assez délicate. Nous estimons qu'on serait assez près de la vérité en la fixant à 7200000fr en nombre rond, somme égale au montant des obligations non amorties au 31 décembre 1910. Telle serait la somme à prendre en charge au 1er janvier 1911 par l'exploitation future. Les obligataires trouveraient dans le traité une garantie, non absolue, puisque la Ville n'endosse pour le moment aucune responsabilité, mais cependant suffisante. Bien que la Ville n'ait aucun lien de droit avec eux, il est cependant opportun de leur donner cette satisfaction, si la chose est possible, sans léser les intérêts de la Ville ou du public. Si, comme il est à peu près certain, de nouvelles immobilisations sont nécessaires pendant la période transitoire, le capital correspondant serait également pris en charge au 1er janvier 1911 par l'exploitation future. Les actionnaires pourraient ainsi toucher : 1° à l'approbation du traité, les sommes en réserve; 2° jusqu'au 31 décembre 1910 les bénéfices nets, une fois payés l'intérêt et l'amortissement des obligations anciennes suivant le tableau actuellement dressé, ainsi que l'intérêt et l'amortissement des obligations nouvelles; — 3° à partir de 1911, la part des bénéfices stipulés dans le traité. — Que l'ensemble de ces avantages vaille plus ou moins que le capital versé à l'origine, nous n'avons pas à l'apprécier. Dans tous les cas, la situation des actionnaires serait bien améliorée sur celle qu'ils auraient pu espérer si aucun traité n'était intervenu.

Examen du traité : Limite du territoire concédé. — L'étendue actuelle de la concession est conservée : rive gauche de la Seine avec la Cité et l'Ile Saint-Louis. Grâce à cette délimitation, ce projet, combiné avec celui de la Compagnie Edison, assurerait l'alimentation de l'ensemble de Paris. A propos du projet de la Compagnie Edison, nous avons indiqué les inconvénients que présente une semblable division de Paris; nous n'y reviendrons pas, ces inconvénients n'étant pas majeurs.

EXAMEN DU TRAITÉ. PREMIÈRE PÉRIODE. — La concession finissant en décembre 1908 est prolongée de deux ans, c'est-à-dire jusqu'au 31 décembre 1910, suivant le régime actuel, sauf les modifications ci-après :

Suppression de la réserve municipale. Pas d'observations.

Remplacement de l'obligation relative au Tableau B par l'obligation d'établir annuellement 10km de canalisations nouvelles. — Les clauses relatives au Tableau B, bien lourdes pour le Secteur de la Rive gauche, n'ont été qu'incomplètement exécutées. Il est préférable de les réduire et de tenir la main à leur exécution. — La liberté du tracé, laissée au concessionnaire, l'amènera à aller là où il espérera la clientèle; elle est donc conforme à l'intérêt du public.

Dès le 1er janvier 1906, c'est-à-dire trois ans avant la fin de la concession actuelle, les abonnés payant plus de 0fr,07 l'hectowatt-heure bénéficient d'un important abaissement de tarifs; le maximum de 0fr,15 est abaissé à 0fr,10.

Le personnel jouit d'un régime équivalent au régime du personnel municipal.

Examen du traité. Deuxième période. — La concession prend fin au 31 décembre 1945, soit une durée de 35 ans, non compris la première période.

Le monopole est accordé, réserve faite des exploitations entreprises directement par la Ville pour ses propres besoins.

La faculté de rachat commence au 1er janvier 1921, c'est-à-dire après dix années écoulées, non compris la première période.

La Compagnie fait toutes les dépenses nécessaires sans garantie de la Ville, mais sur les projets approuvés par elle. Tous les amortissements doivent être terminés au 1er décembre 1945.

La Compagnie reste maîtresse de ses tarifs au-dessous des maxima spécifiés.

Le maximum de $0^{fr},60$ le kilowatt-heure pour l'éclairage est acceptable, celui de $0^{fr},35$ pour la force motrice est plutôt élevé.

Comme charges sociales à rémunérer et à amortir sur l'exploitation, on admet, ainsi que nous l'avons vu plus haut, le montant des obligations restant dues au 31 décembre 1910, exactement 7188500^{fr}, et en plus le montant des immobilisations nouvelles faites de 1906 inclus à 1910 inclus, ainsi que les immobilisations ultérieures.

Jusqu'à concurrence de 720000^{fr}, les bénéfices sont partagés par moitié. — Aucune somme n'étant au préalable prélevée pour les actionnaires, même à titre de simple intérêt, ils ne toucheront rien sans que la Ville ne touche autant.

Au delà de 720000^{fr}, les $\frac{3}{4}$ des bénéfices sont acquis à la Ville. — Cette limite correspond à 360000^{fr} pour les actionnaires, soit 4 pour 100 sur un capital de 9000000 de francs.

Suivant le projet, la Ville ne toucherait rien d'autre que sa part de bénéfice dont il est bien difficile de chiffrer le montant. Il conviendrait de stipuler en sa faveur un prélèvement de 10 pour 100 sur la recette brute, dût-on augmenter les tarifs dans la même proportion.

Le contrôle est assuré soit directement, soit par la présence des délégués de la Ville à l'Assemblée générale, au Conseil d'Administration et aux Comités.

Le personnel est assimilé au personnel municipal.

Toutes les installations reviennent gratuitement à la Ville au 31 décembre 1945.

En cas de rachat avant cette époque, la Ville prend à sa charge le service des emprunts et paie à la Compagnie, jusqu'en 1945, la moyenne de sa part des bénéfices des trois dernières années.

En cas de déchéance, la Ville reprend gratuitement possession de tout ce qui est sur ou sous la voie publique. Elle peut soit délaisser le surplus, soit en prendre possession en assurant simplement le service des emprunts.

Nous n'insistons pas sur les autres clauses de détail qui se justifient d'elles-mêmes.

Résumé. — Le traité assure immédiatement, trois ans avant le terme légal, une baisse importante des tarifs.

Dans son ensemble, et sous réserve d'une redevance à la Ville sur la recette brute, il paraît acceptable.

III. Compagnie de l'Est-Lumière. — Ce projet comporterait de nombreuses modifications de détail et de très nombreux compléments. Nous nous bornerons ici à l'examiner tel quel, et en ce qui concerne seulement les clauses principales.

Il constitue une variante du projet présenté par le Secteur de la Rive gauche. Comme lui, il vise la rive gauche de la Seine, et serait à combiner avec celui de la Compagnie Édison pour la rive droite. Nous retrouvons le même inconvénient déjà signalé, division peu logique de Paris entre les deux sociétés, et, par suite, entre les usines génératrices.

Le régime technique n'est pas défini.

La concession serait de 35 ans à partir du 30 juin 1907, avec faculté de rachat au bout de 15 ans. La Ville devrait, dès 1907, racheter le Secteur de la Rive gauche et remettre toutes les installations à la Société nouvelle qui rembourserait le prix du rachat. Il faudrait étudier de très près cette clause pour être sûr que la Ville n'encourra aucune responsabilité financière.

Les tarifs de $0^{fr},60$ et $0^{fr},25$ sont appliqués dès le début de la nouvelle concession. Il y a là un avantage appréciable, bien que le second prix de $0^{fr},25$ soit élevé.

La Ville touche la moitié des bénéfices, mais ne touche aucune part de la recette brute, et aucun minimum ne lui est garanti. A propos des deux projets précédents, nous avons montré en quoi cette clause serait à modifier.

En résumé, sous réserve d'un grand nombre de précisions et de corrections, le projet paraît acceptable au même titre que celui du Secteur de la Rive gauche; c'est seulement après une discussion détaillée entre les deux concurrents qu'on pourrait donner la préférence à l'un ou à l'autre.

IV. Observations communes aux projets de la Compagnie Edison, du Secteur de la Rive gauche et de la Compagnie de l'Est-Lumière. — De ces trois projets, un seul serait difficilement acceptable isolément; la combinaison du premier avec l'un des deux autres constitue une solution acceptable du problème en face duquel se trouve la Ville. Ces projets n'engagent pas *ipso facto* les finances de la Ville et ne nécessitent donc pas une loi d'approbation. Ils assurent sensiblement des tarifs convenables dès l'expiration des concessions actuelles, et même sur la rive gauche un abaissement important à bref délai. Ils évitent la période de transition *après* l'expiration des concessions actuelles et pendant laquelle les tarifs auraient dû, avec d'autres combinaisons, être maintenus à un taux encore très élevé. Enfin, la Ville se voit délivrée des difficultés résultant du passage d'un régime à l'autre. La régie est rendue possible à partir de 1921 ou 1923 pour la rive gauche et de 1923 pour la rive droite.

Paris se trouve divisé en deux zones d'une façon peu logique, et la Ville n'est pas sûre en fin de concession de se trouver en possession d'un outillage conçu suivant le meilleur système. Ces inconvénients ne sont pas prohibitifs.

La somme des avantages nous paraît dépasser celle des désavantages, et la combinaison pourrait être acceptée. Il ne serait pas possible d'unifier complètement les diverses propositions, étant donnée la diversité des points de départ, mais il conviendrait d'unifier un certain nombre de clauses : date d'expiration de la concession, date à laquelle le rachat est possible, délai de préavis, tarifs de la période définitive, etc.

V. MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie. — *Économie générale du projet.* — La Compagnie nouvelle fait son affaire du rachat des Secteurs actuels et de l'établissement d'installations définitives suivant le programme admis par la Commission technique : primaire triphasé, 10000 volts au minimum; continu 3 fils, 2×110 volts, dans le centre; alternatif triphasé 4 fils, 3×110 volts, à la périphérie.

La concession commence, pour le territoire de chacun des Secteurs, au moment où expire l'autorisation donnée à ce Secteur. Elle se termine uniformément le 31 décembre 1938, c'est-à-dire 30 ans après l'expiration de la dernière des autorisations. Le rachat est possible 15 ans plus tôt.

Jusqu'en 1923 inclus, c'est-à-dire pendant les quinze premières années, la Compagnie fait face à toutes les dépenses de premier établissement dont l'amortissement se termine à la fin de la concession. Pendant les années suivantes, les dépenses de premier établissement sont payées sur un fonds spécial qu'a alimenté, *dès le début,* un prélèvement de 5 %, sur les recettes brutes, auquel on n'aura pas touché avant la quinzième année, et qui s'accroît par le jeu des intérêts. L'expérience montre combien, vers la fin de toute concession, il est difficile d'obtenir des Compagnies les travaux de premier établissement qu'exigerait l'intérêt public; la clause ci-dessus a pour but de parer à ces difficultés.

En cas de rachat, la Ville prend à sa charge les amortissements restant à faire sur les dépenses de premier établissement et paie, le cas échéant, une indemnité pour privation de bénéfices. Les sommes disponibles sur le fonds spécial indiqué plus haut reviennent à la Ville. Celle-ci n'a donc rien à payer si elle attend l'expiration des 30 années pour prendre possession de tout l'actif.

Le contrôle financier de la Ville porte sur les dépenses et recettes d'exploitation et de premier établissement. Il ne porte pas sur les actions ou obligations émises par la Compagnie. En cas de rachat ou en toute autre circonstance la Ville n'a affaire qu'avec la Compagnie elle-même; elle ignore

soit les actionnaires soit les obligataires. Le partage des bénéfices et l'indemnité de rachat sont basés uniquement sur les comptes d'exploitation et sur les dépenses de premier établissement auxquelles est alloué un intérêt forfaitaire. La façon dont la Compagnie se procure les fonds nécessaires, les émissions d'actions ou obligations n'ont pas à intervenir.

Toutes les installations faites sont, dès le début et *ipso facto*, propriété de la Ville, la Compagnie n'ayant qu'un droit d'usage. La Ville en prend possession lorsque cesse l'exploitation de la Compagnie. Cette prise de possession est gratuite à la fin de 1938; elle donne lieu à des indemnités décroissantes suivant qu'elle aurait lieu à la fin de 1923, de 1928 ou de 1933.

Examen du traité. — La Compagnie exerce à ses risques, mais au nom de la Ville, les droits de rachats et autres que cette dernière tire du cahier des charges des Secteurs. Elle fait siennes toutes les difficultés qui pourraient survenir avec lesdits Secteurs.

Le rachat est possible, mais seulement en vue de la régie directe, aux 31 décembre 1923, 1928 et 1933, à charge par la Ville de pourvoir aux amortissements restant à faire. En cas de rachat en 1923 ou 1928, la Ville paie en outre, non pas jusqu'à la fin de la concession, mais seulement jusqu'en 1933, la moitié seulement et non la totalité de la part de bénéfices réalisée précédemment par la Compagnie. En cas de rachat en 1933, la Ville ne paie plus aucune indemnité pour perte de bénéfices. Enfin en 1938, tous les amortissements étant terminés, la Ville entre gratuitement en possession de tout l'actif. Dans leur ensemble, ces conditions sont acceptables. Il serait cependant désirable de voir avancer l'époque possible du rachat et réduire à 1 an le délai de préavis.

En cas de déchéance la Ville entre en possession gratuitement de toutes les installations occupant la voie publique. Elle peut, quant au surplus de l'actif, soit en prendre possession en prenant à sa charge les amortissements, soit le délaisser et se trouver ainsi libérée de toute obligation financière.

La concession comporte le monopole, sauf en ce qui concerne les entreprises de traction et les exploitations en régie; réserve est faite des droits de l'Etat et du Département.

La Compagnie assure au personnel des conditions aussi favorables que le régime municipal *actuel*. Quant aux améliorations *ultérieures*, elles seraient aux frais de la Ville, sauf bien entendu celles qui seraient imposées par lois ou décrets.

Le contrôle de la Ville est assuré.

Le régime définitif, conforme au programme de la Commission technique, fonctionne à partir du 1er janvier 1913. Jusque-là, la Compagnie est autorisée à conserver les systèmes actuels.

Tous travaux de premier établissement doivent être autorisés par la Ville, sauf les traités amiables conclus avec les Secteurs pour éviter la procédure du rachat; la Ville se réserve d'ailleurs de procéder elle-même au rachat si elle trouve trop onéreux ces traités amiables.

Sur les recettes brutes une première redevance, le 8 °/₀ est payée à la Ville. (Les Secteurs ne donnent actuellement que 5 °/₀ ou 6 °/₀.)

Sur les recettes d'exploitation sont prélevés : la redevance ci-dessus, l'intérêt et l'amortissement (au taux forfaitaire de 4 °/₀) des dépenses de premier établissement faites dans les quinze premières années, 5 °/₀ des recettes pour une réserve pouvant aller à 15000000 de francs et où l'on pourra puiser en tout temps pour parer aux dépenses extraordinaires de renouvellement et, en général, aux fluctuations de l'exploitation, 5 °/₀ pour un fonds spécial auquel on ne pourra toucher qu'après la quinzième année et qui devra faire face aux travaux de premier établissement à partir de cette époque, 500000fr pour rémunération du fonds de roulement et autres dépenses non représentées en travaux de premier établissement.

Sur les bénéfices ainsi calculés pour ordre, la Ville perçoit 45 °/₀ et le personnel 5 °/₀. Il serait légitime de demander que ces chiffres montent à 60 °/₀ et 10 °/₀ pour les bénéfices en sus de 2000000 de francs; cette limite correspondrait à une part de 1000000 de francs, pour la Compagnie, soit 2 °/₀ de bénéfices supplémentaires sur le capital-actions si celui-ci est de 50000000 de francs. (Les Secteurs actuels ne donnent aucune part de bénéfices.)

Le total garanti à la Ville comme redevance et part de bénéfices est de 4000000 de francs, environ le triple de ce que la Ville perçoit actuellement du fait de l'électricité. (Les Secteurs actuels ne garantissent aucun minimum.)

Au lieu de spécifier les voies nouvelles à canaliser, il est simplement spécifié un complément de 400km de canalisation à exécuter à raison de 100km par an en sus des 600km qui existent actuellement. L'intérêt de la Compagnie la poussera à aller là où les besoins seront les plus forts.

En dehors des canalisations imposées tout d'abord par le cahier des charges, les Secteurs actuels ne sont tenus de canaliser que moyennant une garantie de 750 watts pendant 750 heures par an et par décamètre de canalisation nouvelle. Au prix moyen de 0fr,90 le kilowatt-heure, cette garantie correspond à 50fr par mètre courant. La Compagnie nouvelle ne demande que 20fr. Étant donnée la différence des tarifs de vente, on peut estimer que si la recette brute est réduite dans le rapport de 50 à 20, la recette nette est réduite dans de bien plus fortes proportions.

En ce qui concerne les tarifs, les demandeurs écartent les tarifs basés sur l'emploi qui est fait de l'électricité; nous ne pouvons qu'applaudir à cette mesure. Au sein de la Commission technique, la discussion a porté sur le tarif à la demande maxima et le double tarif. Ce dernier nous paraît de beaucoup le plus logique; mais il serait peut-être difficilement accepté du public si on voulait le lui imposer; le mieux est d'adopter l'un ou l'autre au choix de l'abonné. C'est ce qui a été prévu. Les tarifs vont en décroissant avec le temps, 0fr,90 et 0fr,45 jusqu'en 1912; 0fr,70 et 0fr,20 de 1913 à 1922; 0fr,60 et 0fr,15 à partir de 1923. La Ville bénéficie de 30 °/₀ de réduction mais ne reçoit pas sur ces fournitures la redevance de 8 °/₀. La Commission technique était arrivée à des prix de 0fr,525 et 0fr,110 sans tenir compte ni des bénéfices, ni des redevances à la Ville, ni des charges spéciales qu'impose la période de transition. Eu égard à ces diverses causes d'augmentation, nous estimons que les tarifs ci-dessus sont avantageux, mais cependant certaines réductions seraient possibles au début. Pendant la première période, tant qu'on n'aura pas pu établir les moyens d'action définitifs, les prix de 0fr,90 et 0fr,45 pourraient être conservés; mais cette période pourrait être réduite et se terminer le 31 décembre 1910, délai suffisant pour la construction. A partir de 1911, on pourrait appliquer les tarifs définitifs de 0fr,60 et 0fr,15. Tous ces tarifs ne sont d'ailleurs que des maxima et la liberté laissée au concessionnaire lui permettra de s'adapter à divers cas non spécifiés, tels que celui des gros consommateurs.

Nous n'insistons pas sur les autres clauses du traité qui se justifient d'elles-mêmes.

Résumé. — Tel qu'il est conçu et sous réserve des modifications que nous avons indiquées, quant aux tarifs et au partage des bénéfices, le traité assure d'une façon convenable la période transitoire, le passage d'un régime à l'autre, et le régime définitif. Il permet le rachat après 25 ans de plein fonctionnement, délai qu'il serait désirable de voir abréger.

IV. COMPARAISON DE TOUS LES PROJETS PRÉSENTÉS. — *Combinaisons possibles.* — En groupant ensemble les projets qui doivent être groupés, nous avons finalement trois combinaisons à examiner.

1° Combinaison sans concession de longue durée : Traités passés avec les Secteurs d'Éclairage et Force, de Clichy et de l'Air comprimé. Rachat du Secteur Édison. Alimentation des Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche au moyen de sous-stations nouvelles. Construction d'une usine centrale nouvelle.

2° Combinaisons avec concession de longue durée et faculté de rachat : 2*a*. Traités avec le Secteur de la Rive gauche ou avec la Compagnie de l'Est-Lumière pour la rive gauche, et avec la Compagnie Continentale Édison pour la rive droite. — 2*b*. Traité avec MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie pour l'ensemble de Paris.

Date de mise en fonctionnement de la régie. — Avec la combinaison n° 1, la régie pourrait fonctionner à partir : d'avril 1907 sur le Secteur Édison, de août et décembre 1908 sur les Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche, d'avril 1911 sur les autres Secteurs.

Avec la combinaison 2*a*, la régie serait possible à partir du 1er janvier 1923 pour la rive droite et du 1er janvier 1921 ou 1923 pour la rive gauche.

Avec la combinaison n° 2*b*, la régie serait possible à partir du 1er janvier 1924. Nous avons indiqué qu'il serait à propos de voir avancer cette date.

Engagements financiers de la Ville. — Avec la combinaison n° 1, la Ville est conduite à engager à des titres divers 130000000 de francs, peut-être davantage si des mécomptes se produisent au sujet du rachat ou pour toute autre cause.

Avec les combinaisons nos 2*a* et 2*b*, la Ville en traitant n'engage en aucune façon ses finances. C'est seulement dans l'avenir, et si elle décide de racheter, qu'elle contractera des obligations financières.

Date d'entrée en possession d'un actif entièrement libéré. — Avec la combinaison n° 1, c'est au bout d'une trentaine d'années, c'est-à-dire vers 1941, que l'actif construit par la Ville aurait été entièrement amorti sur le compte de l'exploitation.

Avec la combinaison n° 2*a*, la Ville prendrait gratuitement possession de l'actif construit par les Sociétés : au 30 juin 1942 pour la rive droite, au 31 décembre 1945 ou au 30 juin 1942 pour la rive gauche.

Avec la combinaison n° 2*b*, cette prise de possession aurait lieu en décembre 1938.

Nature des installations dont la Ville prendrait possession. — Avec la combinaison n° 1, on aurait pour la génération du courant et la distribution primaire un matériel aussi perfectionné que possible. Pour la distribution secondaire, on aurait un système un peu hétérogène, mais cependant admissible, quoique s'écartant quelque peu du type recommandé par la Commission technique.

Avec la combinaison n° 2*a*, on aurait un matériel hétérogène tant pour la distribution que pour la génération. La répartition du territoire parisien entre les diverses usines de génération ne serait pas la meilleure.

Avec la combinaison n° 2*b*, le matériel, les systèmes de génération et de distribution primaire ou secondaire pourraient être aussi homogènes et aussi parfaits qu'on peut le désirer.

Difficultés à craindre vers la fin de la concession. — Il est inutile d'insister sur les difficultés qu'on rencontre, vers la fin de toute concession, à obtenir du concessionnaire les travaux de premier établissement nécessaires pour satisfaire le public. Des difficultés de cette nature subsistent dans la combinaison 2*a*; dans la combinaison 2*b*, elles sont évitées par la création du fonds spécial de travaux.

Tarifs. — Avec la combinaison n° 1, les tarifs actuels sont maintenus jusqu'en 1907 et 1908 respectivement pour les Secteurs continus et alternatifs. Jusqu'en 1911 on ne peut espérer qu'une baisse très légère. C'est seulement à partir de 1911 que joueraient les tarifs définitifs de 0fr,60 et 0fr,15.

Avec la combinaissn n° 2*a* : 1° sur la rive gauche une baisse importante est consentie dès 1906 ou 1907, et les tarifs définitifs jouent en tous cas à partir de 1911; 2° sur la rive droite, les tarifs actuels sont maintenus jusqu'en 1907 (jusqu'en 1908 pour les Champs-Élysées), les tarifs définitifs jouent à partir de cette époque.

Avec la combinaison n° 2*b*, les tarifs actuels sont maintenus pendant la durée des concessions actuelles. Ensuite, jusqu'en 1912, se produit pour tout Paris une baisse importante. De 1913 à 1922 les tarifs définitifs sont presque réalisés. Ils le sont entièrement à partir de 1923.

Les tarifs définitifs n'étant pas identiques comme chiffres, et ne s'appliquant pas identiquement aux mêmes objets, on ne saurait comparer très exactement l'ensemble des avantages faits au public par l'une ou l'autre des combinaisons. Tout ce qu'on peut dire est que, à ce point de vue, la combinaison n° 1 serait nettement moins avantageuse que les deux autres, et ces deux dernières à peu près équivalentes.

Avantages financiers pour la Ville. — Avec la combinaison n° 1, nous sommes arrivés précédemment à une recette nette de 2000000 de francs à 3000000 de francs, toutes charges déduites, dans l'hypothèse où les tarifs seraient 0fr,60 et 0fr,15. Le chiffre ne peut d'ailleurs être donné qu'avec réserve quand il s'agit d'une exploitation à monter sur des bases entièrement nouvelles.

Avec la combinaison n° 2*a*, la Ville ne touche aucune redevance sur la recette brute et rien ne lui est garanti. Si les bénéfices totaux sont de 2000000 de francs à 3000000 de francs, comme nous l'avons admis dans la combinaison n° 1, la Ville n'en toucherait qu'une part voisine de $\frac{1}{2}$, soit de 1000000 de francs à 1500000 francs. Par contre, elle n'a aucun risque de perte comme dans la combinaison n° 1.

Avec la combinaison n° 2*b*, la Ville, sans courir aucun risque de perte, se voit garantir 4000000 de francs; d'autre part, touchant à la fois sur les recettes brutes et sur les bénéfices, elle peut espérer davantage.

Ajoutons que, en cas de rachat, les conditions de la combinaison n° 2*b* sont beaucoup moins onéreuses que celles de la combinaison n° 2*a*. En plus de l'amortissement restant à faire, la Ville a à payer : avec la combinaison 2*a*, la totalité du bénéfice de la Compagnie pendant toutes les années restant à courir; avec la combinaison 2*b*, la moitié de ce bénéfice pendant les années restant à courir sauf les cinq dernières.

Difficultés de la période transitoire. — Avec la combinaison n° 1, ces difficultés sont levées en ce qui concerne trois Secteurs, mais elles subsistent en ce qui concerne les trois autres. Une très grande hâte est nécessaire si l'on veut arriver à temps pour réaliser le programme proposé en ce qui concerne les deux Secteurs alternatifs.

Avec les combinaisons nos 2*a* et 2*b*, la Ville est entièrement déchargée de toute difficulté de ce genre. Pour les Compagnies qui assument ces difficultés, elles seront moindres que pour la Ville : 1° parce que les formalités préliminaires seront moins longues; 2° parce qu'il sera possible d'intéresser tel ou tel Secteur à l'entreprise future.

Facilités d'une entente définitive. — La combinaison n° 1 ou la combinaison n° 2*a* ne serait valable qu'avec l'assentiment des Assemblées générales d'actionnaires de Sociétés différentes, ayant des intérêts différents. Avec la combinaison 2*b*, on n'a affaire qu'à un seul groupe; les diverses Sociétés dont ce groupe se compose ont toutes les mêmes intérêts et, d'après leur constitution, les signatures qui seraient données seraient définitives sans qu'aucune Assemblée générale ait à intervenir. Plus sont nombreux les groupes distincts avec lesquels l'accord est nécessaire, plus les difficultés seront grandes pour arriver à une entente définitive, telle Société pouvant se dérober au dernier moment, réclamer de nou-



veaux avantages, ou faire échouer l'affaire. A ce point de vue, la combinaison n° 2*b* serait de beaucoup préférable; puis viendrait la combinaison n° 2*a*; la combinaison n° 1 est celle qui présente le plus de difficultés pour être menée à bonne fin.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

Tous les arguments étant mis en balance, la combinaison 2*b* nous paraît, nettement et de beaucoup, la plus avantageuse pour la Ville.

Quelle que soit d'ailleurs la combinaison choisie, il importe que la question soit tranchée dans le plus bref délai. Pour que la combinaison n° 1 soit possible il faut, nous l'avons dit plus haut, que les marchés pour la nouvelle usine puissent être passés à très bref délai (vers juillet 1906) et que toutes les formalités préliminaires aient été remplies au préalable. Pour la combinaison 2*a*, les Compagnies intéressées n'ont pas spécifié jusqu'à quelle époque elles se considéraient comme engagées, mais elles ne donneraient leur signature qu'en prenant toute garantie à cet égard et exigeraient que la conclusion du traité ait lieu assez tôt pour leur permettre d'être prêtes en temps utile. MM. Schneider et Mildé, pour la combinaison 2*b*, ont précisé ce point et demandent (article 14) que l'approbation, non par le Conseil municipal seul, mais par l'autorité chargée de statuer en dernier ressort, ait lieu le 1er juillet 1906 au plus tard, c'est-à-dire neuf mois avant le commencement de l'exploitation nouvelle pour la plus grande partie de Paris. Nous ne saurions trouver ce délai exagéré. Étant données toutes les formalités à accomplir après le vote du Conseil municipal, on voit combien il est nécessaire que ce vote intervienne à bref délai.

D'autre part, on sait quelles entraves la situation actuelle apporte au développement de l'électricité dans Paris. Plus tôt une décision sera prise quant à l'avenir, plus tôt ces entraves seront levées, la Compagnie ou les Compagnies qui auraient traité avec la Ville ayant alors tout intérêt à activer ce développement.

Réponse de la maison Sautter-Harlé et Cie. — MM. Sautter et Harlé estiment que dans les études faites du régime futur de l'électricité à Paris on ne s'est pas, en général, assez préoccupé de la fourniture de la force motrice. Ils font remarquer qu'à Berlin la puissance des installations de lumière ne dépasse pas 34000 kilowatts, tandis que celle des installations de force motrice pour la grande et la petite industrie atteint 42000 kilowatts et celle des installations de traction 15000 kilowatts. Or, Paris est une ville beaucoup plus industrielle que Berlin; c'est même la ville la plus industrielle de France si l'on y joint la banlieue. Une distribution de force motrice y trouverait certainement de nombreux clients, car ceux-ci, non seulement se trouveraient débarrassés des ennuis et des complications d'une usine à vapeur dans leurs ateliers, mais encore pourraient réaliser, avec des tarifs de vente cependant rémunérateurs pour l'exploitant, une économie importante, le prix de revient du cheval-an à Paris variant, suivant l'importance des usines, de 2000fr à 5000fr pour la grande industrie, et étant de beaucoup plus élevé pour la petite industrie : la faveur avec laquelle les distributions de force motrice par l'électricité sont accueillies dans la banlieue, partout où les tarifs sont abordables, est une preuve déjà suffisante que cette solution serait bien accueillie.

MM. Sautter et Harlé font observer qu'en assurant à la fois la distribution de la lumière et de la force motrice à la grande et la petite industrie, on entrerait tout simplement dans la voie tracée par d'autres entreprises qui se développent rapidement en France et surtout en Angleterre. « On sait, disent-ils, combien dans ce dernier pays les progrès du transport de force motrice avaient été lents jusqu'à présent; la faute en était en grande partie à des dispositions législatives trop étroites et gênantes pour l'établissement des canalisations. Mais un grand mouvement d'opinion s'est produit depuis deux ans et après le projet de distribution générale du réseau électrique dit *du Midland*, les deux années qui viennent de s'écouler n'ont pas vu naître moins d'une quinzaine de projets grandioses, les uns exécutés déjà en partie, les autres en voie d'exécution, et dont la caractéristique commune est la concession d'un vaste territoire de 500^{km^2} à 3000^{km^2}, couvrant généralement tout un comté (c'est ainsi qu'il y a l'entreprise du Lancashire, du Yorkshire, du pays de Galles, etc.) en vue de distribuer à toutes les villes, villages, usines, etc., de ce territoire, l'énergie électrique en gros. Ces entreprises comprennent une ou plusieurs usines centrales placées, de préférence, à côté des puits de mines, dans les regions charbonnières, et elles étendent sur tout le territoire un vaste réseau primaire qui vend l'électricité soit à de grands industriels, soit à des corporations municipales, soit à des concessionnaires de distribution de force motrice qui la revendent au détail aux petits consommateurs. L'avantage économique résultant de cette concentration de la production est si important que l'on voit des municipalités mêmes qui avaient construit à leurs frais des usines arrêter le feu de leurs chaudières pour acheter simplement l'énergie primaire qui leur est ainsi distribuée. »

Par le fait même de leur grande extension et des usages variés auxquels elles s'appliquent, de telles distributions peuvent réaliser, pour leurs usines génératrices, des durées d'utilisation bien supérieures à celles des distributions n'ayant en vue que l'éclairage. C'est là une cause très importante de l'abaissement du prix de revient. Aussi MM. Sautter et Harlé sont-ils d'avis que la Ville de Paris devrait se préoccuper de réaliser une grande distribution du même genre; ils pensent que les forces motrices hydrauliques, fussent-elles situées à 550^{km} et au delà, peuvent fournir une solution satisfaisante de la question.

Réponse de la maison Schneider et Cie. — Cette réponse, d'ailleurs fort courte, préconise l'utilisation des canalisations actuelles d'une longueur d'environ 600^{km} et d'une valeur d'environ 20000000 de francs. Cette solution nécessite le maintien de la division de Paris en deux grandes zones, l'une desservie par du courant alternatif, l'autre par du courant continu; dans les deux zones, la tension de distribution doit être maintenue à 110 volts. La production du courant primaire se ferait dans de grandes usines situées dans la banlieue et équipées de groupes électrogènes à turbines de 5000 à 8000 kilowatts; ce courant, à 10000 volts environ, serait transformé en continu ou en alternatif à 110 volts dans des sous-stations. — En raison des nombreuses hypothèses qu'exige le calcul du prix de revient unitaire de l'énergie distribuée, MM. Schneider ne croient pas utile de discuter ce prix. Tout ce qu'on peut indiquer avec quelque certitude, c'est le prix de revient du kilowatt-heure produit dans la ou les grandes usines envisagées : il oscille entre 5 et 6 centimes selon les conditions d'utilisation des machines. — MM. Schneider et Cie ajoutent : « Qu'il nous soit permis d'affirmer hautement que l'industrie mécanique et électrique française est capable de résoudre tous les problèmes que l'état actuel de la Science permet de poser, et que la comparaison, que des esprits impartiaux peuvent en faire avec l'industrie étrangère, ne peut que lui être favorable. Aussi nous pensons que la Ville de Paris ne retirera pas à la production française la protection qu'elle lui a donnée jusqu'ici par les clauses de ses cahiers des charges. »

Réponse de la Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways électriques. — Cette réponse comprend trois parties : l'une consacrée à des considérations générales sur les distributions urbaines d'énergie, l'autre au plan général du régime futur à Paris, la troisième au régime de transition entre l'organisation actuelle et l'organisation future.

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — Il ne faut pas perdre de vue que l'électricité n'est qu'un des moyens dont nous disposons pour la transmission et la distribution de l'énergie. Des distributions urbaines d'énergie ont été installées, bien avant la période du développement industriel de l'électricité, dans le premier pays où ait pris naissance la grande industrie, l'Angleterre. L'agent employé était bon sous des pressions variant généralement de 50 kg : cm² (Londres) à 80 kg : cm² (Glasgow). Successivement Hull, Londres, Liverpool, Birmingham, Manchester et Glasgow ont été munis de ce système de distribution, qui a été adopté également à Melbourne, Sydney et Anvers. L'air sous pression a été aussi utilisé dans quelques cas, notamment à Paris. Enfin, le gaz peut servir non seulement pour l'éclairage et le chauffage, mais encore pour la force motrice, et les compagnies gazières ont fait dans ces dernières années de grands efforts pour développer l'emploi industriel des moteurs à gaz d'éclairage.

A l'heure actuelle, l'agent le plus économique pour la distribution de l'énergie dans une ville telle que Paris est certainement l'électricité produite dans de grandes usines au moyen de la combustion du charbon. Les machines motrices les plus recommandables sont les turbines à vapeur; mais la préférence que les ingénieurs leur accordent sur les machines à vapeur à mouvement alternatif date d'hier à peine, et il n'est nullement impossible que d'autres générateurs les supplantent à leur tour : nul ne saurait prévoir l'avenir réservé tant aux moteurs explosifs ou simplement à combustion rapide qu'aux turbines à essence ou à gaz pauvre. Quant à la forme de courant, la meilleure aujourd'hui pour le transport à distance est la forme triphasée avec transformation ultérieure en alternatif ou en continu basse tension; mais il se pourrait fort bien que, dans l'avenir, le courant continu à haute tension ou, avec plus de probabilité, le monophasé, dont les derniers progrès ont été remarquables, revinssent en honneur. Ni la nature des machines, ni la forme du courant ne sauraient donc être regardées comme fixées définitivement.

Il est même permis de se demander si certaines découvertes ne nous feront pas assister à un mouvement de décentralisation inverse du mouvement de centralisation actuel. L'éclairage par combustion d'un gaz nous offre, sur une échelle assez réduite il est vrai, un exemple de décentralisation : en remplaçant le gaz de houille par l'acétylène, l'éclairage intensif peut être réalisé sans qu'il soit besoin d'usine centrale, ni de canalisation importante. Or la lampe électrique, qui ne transforme en énergie lumineuse qu'environ 2 pour 100 de l'énergie électrique qui lui est fournie, est à l'heure actuelle l'objet de nombreuses recherches ayant pour but d'augmenter son rendement. Que ce rendement se trouve augmenté dans une notable proportion, et il deviendra possible d'assurer l'éclairage d'une maison par de simples batteries d'accumulateurs renouvelées à intervalles fixes par des Sociétés spéciales, ou bien encore tout un groupe de maisons pourra être desservi par des moteurs explosifs de médiocre importance. Cette décentralisation pourrait se produire également pour la force motrice par la production d'agents chimiques doués d'une grande énergie sous une forme très condensée. N'avons-nous pas vu l'aluminothermie réaliser avec des appareils aisément portatifs d'énormes puissances calorifiques et permettre d'effectuer dans une chambre d'ouvrier des opérations métallurgiques réservées jusqu'ici aux usines munies de fourneaux de grande dimension? Le carbure de calcium ne nous montre-t-il pas l'énergie hydraulique des chutes d'eau, transformée en énergie chimique emmagasinée dans le carbure, sous une forme aisément transportable et dégagée sous forme d'énergie lumineuse par un mécanisme d'une simplicité extrême, puisqu'il consiste simplement à laisser tomber de l'eau goutte à goutte sur le carbure? Ce que les produits précédents réalisent pour la chaleur et la lumière, les gaz liquifiés permettront peut-être de le faire pour la force motrice; l'air liquide a déjà été employé avec succès comme explosif dans le percement du Simplon; des mélanges d'hydrogène et d'air liquide fourniraient une puissance encore bien supérieure.

Ces considérations montrent que l'on peut très bien concevoir telles éventualités où disparaîtraient la centralisation de la production et même tout le réseau des canalisations souterraines sous la voie publique qui sont à l'heure actuelle le seul objet matériel et légal des concessions d'énergie. Regarder l'organisation présente des secteurs comme la solution définitive et unique du problème de la distribution de l'énergie urbaine serait s'exposer à entraver le développemnt de mécanismes différents et renouveler l'erreur des municipalités qui, à une époque où l'électricité était encore dans l'enfance, n'ont eu en vue que le gaz comme agent d'éclairage et de force motrice, et ont adopté des dispositions qui ont rendu impossible jusqu'à l'heure présente, l'installation de la moindre canalisation électrique.

Tout système de distribution d'énergie suppose donc un amortissement à court terme des capitaux engagés et, en outre, la constitution d'un fond de renouvellement alimenté par des prélèvements annuels sur les bénéfices.

II. PLAN GÉNÉRAL DU RÉGIME FUTUR A PARIS. — Pour la production il conviendrait d'avoir deux ou trois usines. Une seule usine devrait avoir, dès le début, une puissance de 150000 à 200000 chevaux. Or, si jusqu'à des puissances de 80000 chevaux environ la concentration de la production diminue le prix de revient, il est fort douteux qu'il continue à en être de même pour des puissances plus fortes, et il est même probable qu'au delà d'une certaine puissance la concentration deviendrait économiquement désavantageuse.

Il n'y aucune hésitation sur la forme et la tension des courants primaires : ils doivent être polyphasés (triphasés et biphasés) et produits directement sous une tension de 10000 à 15000 volts.

En ce qui concerne la fréquence la Société parisienne pense qu'une seule valeur de la fréquence ne permet pas de réaliser dans des conditions satisfaisantes toutes les applications que l'on est en droit de demander à l'énergie électrique; elle estime qu'il conviendrait d'installer deux canalisations primaires entièrement distinctes à partir de l'usine centrale, l'une à la fréquence 25, l'autre à la fréquence 42. Voici les raisons qu'elle invoque en faveur de ce système :

« Les applications du courant électrique se divisent nettement en deux groupes : le premier, qui comprend essentiellement la traction de la grande force motrice, et dans lequel se produisent brusquement de grandes variations de tension, ne gênant pas d'ailleurs le bon fonctionnement des appareils d'utilisation; le second, qui comprend essentiellement l'éclairage et la petite force motrice, ne produisant que des variations de tension relativement lentes ou peu importantes et dont les appareils d'utilisation exigent d'autre part que la tension qui les alimente se maintienne dans des limites relativement rapprochées. S'il y a des avantages certains à ce que la production de l'énergie électrique nécessaire à ces deux groupes d'applications soit faite dans une usine centrale, il y a des inconvénients non moins évidents à ce qu'ils soient desservis par un seul et même réseau de distribution. Or il se trouve précisément que ces deux groupes d'applications répondent le plus généralement à des

formes de courants secondaires différentes chez les abonnés : la première au courant continu, la seconde au courant alternatif à la fréquence de 40 à 50. »

La Société parisienne fait ensuite remarquer qu'il n'y a pas que les gros consommateurs d'énergie électrique qui ont besoin de courant continu et que bien des petits ou moyens consommateurs des trois secteurs actuellement desservis en alternatif se plaignent avec raison de ne pouvoir se procurer du continu. Tels sont les établissements scientifiques, qui ont dû remédier à cet inconvénient en installant soit des groupes électrogènes, soit des sous-stations de transformation (comme à la Sorbonne), soit enfin des appareils transformateurs de rendement médiocre (soupapes électrolytiques, diapasons). Tels sont aussi les industriels verriers et constructeurs d'instruments de précision dont beaucoup ont renoncé pour ce motif à l'emploi de l'électricité, les ateliers et garages pour automobiles, si nombreux dans le périmètre du Secteur des Champs-Elysées, et qui ont besoin de courant continu pour le nickelage et pour les charges d'accumulateurs. Certes si l'on n'avait en vue que les applications précédentes, qui ne représentent malgré tout qu'une demande de consommation bien moindre que l'éclairage, on pourrait hésiter à faire les frais de la production du courant continu qui est plus dispendieux que l'alternatif. Mais puisqu'il se trouve que le courant continu est nécessaire pour les plus gros consommateurs, à savoir les entreprises de traction, il ne peut y avoir d'hésitation à établir une distribution de courant continu et comme la fréquence 25 est celle qui convient le mieux pour les commutatrices de traction, le réseau primaire doit donc être à cette fréquence.

Mais, par contre, cette même fréquence offre des inconvénients évidents pour l'éclairage; elle n'est pas avantageuse non plus pour la petite force motrice, car les moteurs à fréquence 25 sont plus chers et plus encombrants que les moteurs à fréquence 40 ou 50. Il faudra donc un second réseau primaire à une fréquence comprise entre ces limites. Étant donné que la fréquence 50 est celle qui tend à se répandre le plus aujourd'hui, notamment en Allemagne et même aux États-Unis, on pourrait songer à l'adopter aussi pour Paris. Le fait qu'elle est exactement double de la fréquence 25 paraîtrait même, de prime abord, un argument en sa faveur : le rapport simple de 1 à 2 pourrait devenir, dans certains cas, la source d'avantages techniques assez appréciables. Mais les mêmes avantages pourraient être obtenus avec la fréquence 42 ou, plus exactement, avec la fréquence 41,67 qui se confond pratiquement avec elle. En effet, de même qu'il est possible de construire des transformateurs de fréquence de 25 à 50 périodes par seconde et, réciproquement, au moyen de deux machines directement couplées ayant, par exemple, l'une 6 pôles et l'autre 12, il est encore possible de construire des transformateurs de fréquence de 25 à 41,67 périodes par seconde, et réciproquement, au moyen de deux machines directement couplées ayant, par exemple, l'une 6 pôles et l'autre 10. Des alternateurs des deux fréquences peuvent aussi être accouplés directement à un même moteur, aussi bien dans le second cas que dans le premier. Les avantages techniques étant les mêmes, des considérations d'espèce peuvent seules fixer le choix. Or, la fréquence 40 et la fréquence 42 sont actuellement utilisées dans une fraction très importante de la superficie de Paris; c'est une raison suffisante pour l'adopter.

Ainsi donc on aurait deux réseaux primaires à 25 et à 42 périodes, alimentés par une même usine dans laquelle se trouveraient quelques groupes mixtes composés de turbines à vapeur commandant simultanément des alternateurs des deux fréquences. Le réseau à 25 périodes alimenterait des sous-stations de commutatrices donnant du courant continu sous 600 à 750 volts; le réseau à 42 périodes alimenterait des sous-stations de transformateurs statiques donnant des courants triphasés ou biphasés sous 3000 à 4000 volts qui eux-mêmes seraient transformés dans des centres de distribution en courants à 110 volts.

Cette solution permettrait d'utiliser les canalisations actuelles et de distribuer aux abonnés la forme de courant qui leur convient le mieux.

III. Régime de transition. — La Société parisienne estime qu'on est aujourd'hui trop mal fixé sur les besoins de la population parisienne pour qu'il soit possible de préciser les sections des canalisations primaires à établir ainsi que les emplacements et puissances des sous-stations de transformation. D'autre part, les nouvelles installations ne pourraient être terminées avant l'expiration des concessions des Secteurs : un régime transitoire est donc indispensable. Deux solutions pourraient être adoptées pour ce régime transitoire :

1° Retarder de deux ou trois ans la date d'échéance des concessions en imposant une diminution graduelle des prix de vente, ce qui aurait le double avantage de faire bénéficier le plus tôt possible les abonnés d'une réduction appréciable, et, d'autre part, d'éviter que les demandes d'abonnement, qui en résulteront, ne se présentent en nombre tel qu'il soit impossible d'y donner satisfaction à bref délai. Le développement de la consommation qui en sera la conséquence fournira des indications sur la puissance qu'il serait nécessaire de prévoir dans les nouvelles centrales et dans les organes de distribution. Dans les contrats à intervenir avec les Secteurs pour cette période transitoire, la Ville pourrait stipuler qu'à l'expiration de cette nouvelle période les branchements d'abonnés et les colonnes montantes deviendront sa propriété.

2° Prendre possession des réseaux des Secteurs à la fin de leurs concessions et mettre en adjudication les fournitures d'énergie brute sous une forme convenable.

BREVETS RÉCENTS.

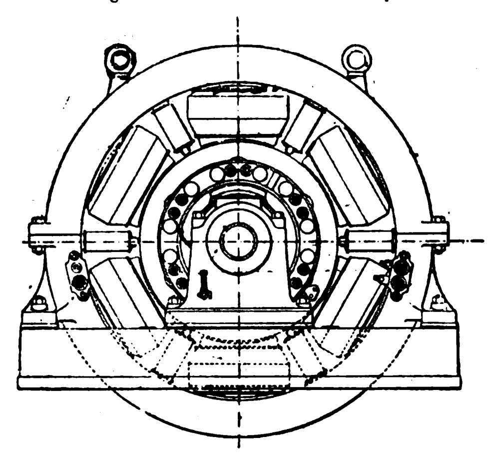
Dispositifs de protection divers : Chevrier. BF. 355586, 24 juin 1905 (dispositif de protection). — Potter. USAP. 800170, 16 sept. 1902 (protection des conducteurs électriques). — Rolfe. USAP. 800823, 800824 et de 800826 à 800833, 13 février 1903 et 30 juillet 1904.

Régulateurs et appareils de contrôle : Cooper Hewitt Electric Cy. DRP. 163868, 25 juin 1903 (régulateur de courant). — Entz. BF. 355068, 8 mai 1905; DRP. 165813 et 165814, 10 mai et 24 sept. 1904 (régulateur de distribution). — Gianoli. BF. 350119, 17 août 1904 (distributeur de courant primaire à réglage automatique). — Hewlett. USAP. 796646, 12 mai 1903 (contrôleur de circuit). — Hubbard. USAP. 798038, et 798039, 17 juin 1904 (régulateur de voltage). — Kallmann. DRP. 164801, 31 janvier 1905 (dispositif pour le contrôle automatique de l'isolement d'un réseau). — Kennedy. USAP. 800114, 12 nov. 1904 (régulateur de voltage). — Northern Electric Cy. DRP. 163139, 11 mai 1904 (réglage automatique). — Rollmann. DRP. 163877, 29 nov. 1904 (régulateur de courant). — Siemens et Halske. BF. 355475, 23 juin 1905 (indicateur de tension). — Waddel. USAP. 797993, 28 juin 1904 (régulateur de voltage).

Divers : Berry. USAP. 800538, 3 déc. 1904 (emploi d'un transformateur supplémentaire sur les lignes de transmission à courant alternatif). — Friedlander. USAP. 797679, 20 mars 1905 (ferme-circuit thermique). — Kruger. DRP. 162880, 19 nov. 1904 (appareil de vérification d'isolement). — Seymour. USAP. 799358, 26 fév. 1903 (arrangement spécial des conducteurs d'alimentation pour l'éclairage.)

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Moteurs Parker à pôles auxiliaires (*Electrician*, t. LVI, 24 nov. 1905, p. 214). — Dans les moteurs dont la puissance se trouve limitée non par l'échauffement de la machine, mais par les étincelles aux balais l'emploi des pôles auxiliaires se trouve tout indiqué. Peu répandu jusqu'à ces dernières années, cet emploi commence à se développer à mesure que les dispositifs de ventilation assurant un refroidissement énergique des machines se développent eux-mêmes. MM. Thomas Parker, de Volverhampton, l'ont récemment appliqué à tous leurs types de machines de puissances comprises entre 500 et 10 kilowatts, l'application aux moteurs plus faibles n'offrant pas d'avantages marqués. — Les pôles auxiliaires ont une section plus ou moins grande suivant la réactance de l'armature; comme leur largeur est nécessairement restreinte, la variation de section est obtenue en augmentant ou diminuant la profondeur des pôles parallèlement à l'axe de la machine; dans les machines à forte réaction d'induit, cette profondeur est égale à celle de l'armature. C'est le cas des moteurs de 210 kilowatts à 525 volts et 210 t : m dont une section est représentée par la figure ci-jointe. — En général dans les machines à pôles auxiliaires



les porte-balais sont fixés une fois pour toutes dans une position déterminée, puisque les balais n'ont plus besoin d'être déplacés suivant la charge; l'anneau sur lequel sont ordinairement montés les porte-balais peut donc être supprimé. Si on le conserve, il peut être utilisé à faire varier la vitesse du moteur dans d'assez larges limites par déplacement des balais; ainsi on peut faire varier de 980 à 1180 t : m la vitesse angulaire d'un moteur de 30 chevaux à 250 volts; celle d'un moteur de 20 chevaux sous 460 volts peut varier de 680 à 920 t : m, sa vitesse normale étant de 800 t : m.

BREVETS RÉCENTS.

Signaux : King. USAP. 795137, 14 déc. 1904 (signal de sûreté). — Lanz. USAP. 794519, 21 janvier 1903 (signal pour blok-système). — Prentice. USAP. 795857, 19 novembre 1902 (signaux). — Schœcraft. USAP. 795864, 27 décembre 1904. — Souder. USAP. 795814, 27 sept. 1904. — Span. USAP. 794194, 794195 et 794196, 30 juillet et 30 septembre 1902, 3 oct. 1903 (circuit électrique pour signaux de chemins de fer). — Sullivan et Renshaw. BP. 5863, 1905. — Taylor. USAP. 793244 et 793245, 1er septembre et 17 déc. 1904 (signal automatique pour block-système). — Trump. USAP. 795318, 28 juillet 1904. — Walle. USAP. 795322, 29 déc. 1903. — Whyte. USAP. 794266, 5 mars 1904 (signal pour chemins de fer).

TRACTION.

Traction par courant monophasé. Mémoire présenté par SCOTT à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Street Railway Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 604 à 607, 30 sept. 1905).

Les différences radicales entre le courant continu et le courant monophasé pour la traction, ne résident pas tant dans la station génératrice et les moteurs que dans les organes intermédiaires entre ces deux points extrêmes.

Au point de vue pratique il faut considérer, dans la traction par courant monophasé, non seulement le moteur mais tous les appareils accessoires.

L'expérience a montré que l'on peut réaliser un trôlet ou une prise de courant aérienne simple, robuste et sûre pour capter des courants à 3300 volts. L'emploi de la haute tension sur la ligne de trôlet est surtout une question de soins dans la construction. Le contact par archet a été trouvé supérieur, surtout aux grandes vitesses, au contact à roulette parce que l'archet s'use moins vite et n'a pas besoin d'être renversé avec le sens de la marche.

Un grand avantage du courant monophasé sur le courant continu c'est de ne pas exiger des sous-stations de convertisseurs avec leur appareillage compliqué d'égaliseurs de phases, de commutateurs, etc., mais de simples sous-stations de transformateurs statiques fonctionnant convenablement sans personnel et sans fideurs. Les courts-circuits sont beaucoup moins funestes dans un transformateur, qui sera rarement grillé, que dans des convertisseurs.

On a déjà construit 4 ou 5 types de moteurs monophasés qui se sont bien comportés en service. Le collecteur présente un bon poli, ce qui prouve que la commutation se fait bien. Quoique la vitesse de l'induit soit plus forte que dans le moteur continu, il n'en est résulté aucun trouble sur les paliers. Les moteurs sont construits pour 250 volts; mais ils peuvent supporter les 500 volts ou un court-circuit, sans être brûlés. Comme on opère le démarrage à plus basse tension et avec un courant plus fort, les balais doivent être deux fois plus forts que dans le moteur continu similaire.

On vante la variabilité de vitesse des moteurs à courant continu, mais en réalité un moteur n'a qu'une vitesse normale, déterminée par la résistance du train et la force électromotrice, et qui varie seulement lorsque la résistance au roulement varie, par exemple ralentit automatiquement dans les rampes; autrement on ne peut faire varier la vitesse qu'avec l'aide d'un rhéostat qui absorbe beaucoup d'énergie. A ce point de vue, le moteur monophasé est bien plus avantageux parce qu'on peut faire varier sa vitesse à volonté à l'aide d'un transformateur à

nombre de spires variables : on fait le démarrage à tension inférieure à la normale et, si la tension baisse sur le fil de trôlet, on peut remonter la tension aux bornes du moteur.

Les appareils de combination sont plus simples qu'avec le courant continu. On peut se contenter de la moitié moins de contacts au combinateur; une demi-douzaine de touches au transformateur suffisent pour obtenir une accélération douce; on peut employer un tambour occupant moins de place sur la plate-forme et n'exigeant pas de bobine de soufflage. La disposition se prête très bien à la commande multiple, en plaçant les combinateurs élémentaires sous les voitures et les petits manipulateurs seulement sur les plates-formes.

On peut facilement faire une exploitation mixte à courant continu à 500 volts, et à courant monophasé à 250 volts avec les mêmes moteurs (au nombre de 2 ou de 4). Il suffit de coupler les moteurs en série de 2 lorsqu'on marche en continu, et de couper la connexion du transformateur.

Le courant monophasé peut être fourni soit par des générateurs monophasés soit par des générateurs biphasés ou triphasés existants, dont on emploie une phase séparément.

Le courant alternatif ne doit pas être de fréquence supérieure à 25 [1], sinon il faut réduire cette fréquence par un groupe de moteurs générateurs.

Le courant monophasé permettra d'exploiter des lignes étendues et à faible trafic qui exigeraient des combinaisons trop onéreuses avec le courant continu ; il fournira en outre une solution plus économique que le courant continu pour les lignes à trafic intense mais espacé [2]. Enfin il permettra d'étendre les réseaux suburbains existants, en conservant le courant continu pour l'intérieur de la ville.

L'installation la plus importante existant actuellement est celle de la Indianapolis and Cincinnati Traction Co, qui a été commencée en janvier 1905. Depuis le 1er juillet 1905 il y a 59^{km} fonctionnant avec le courant monophasé et $6^{km},4$ fonctionnant, dans la ville même d'Indianapolis, avec le courant continu. La Compagnie a équipé 10 voitures, portant chacune 4 moteurs de 75 chevaux, et pouvant atteindre la vitesse maximum de 95 à 105 km:h. On a éprouvé quelques difficultés auxquelles on a remédié parce qu'elles provenaient seulement de détails de construction : la ventilation ordinaire du transformateur était insuffisante et on l'a muni d'une ventilation forcée produite par un petit ventilateur actionné électriquement; il a fallu aussi renforcer l'isolation des moteurs, à cause des extra-courants qui se produisaient à l'ouverture du circuit des 4 moteurs en série lorsqu'ils travaillaient en alternatif.

Les appareils de combination établis pour la marche en monophasé et en continu sont plus simples que ceux à courant continu ordinaire. La meilleure preuve des résultats excellents obtenus se trouve dans le fait que la même Compagnie a décidé de prolonger la ligne actuelle de 25^{km} en monophasé et d'équiper aussi en monophasé une ligne marchant à courant continu et dont la longueur de 46^{km} sera portée à 75^{km}.

D'autres lignes monophasées installées par la Société Westinghouse fonctionnent dans des conditions exceptionnellement dures : sur la ligne de Derry à Latrobe, en Pensylvanie, on fait démarrer des voitures de 30 tonnes sur une rampe de 10 pour 100. Les voitures portent 4 moteurs de 50 chevaux.

Une longue ligne de 240^{km} de long partant de Spokane (Washington) et se dirigeant vers le sud va être équipée en monophasé. Il y aura 15 voitures à voyageurs portant 4 moteurs de 100 chevaux, 6 wagons moteurs à marchandises ayant chacun 4 moteurs de 150 chevaux et 1 locomotive à marchandises de 40 tonnes.

Un événement important vient de se produire : la New-York, New-Haven et Hartford Railroad Co a commandé à la Société Westinghouse 25 locomotives à voyageurs qui fonctionneront avec le courant continu sur les 18^{km} de voies de la New-York Central Railroad Co de la cité de New-York à Woodlan, et en monophasé au delà [1]. Le fait que la N. Y. N. H. and H. Co a choisi le monophasé au lieu de prendre le continu comme la N. Y. Central Co est significatif et pourrait bien amener, dit l'auteur, l'électrification, par traction monophasée, d'autres grandes lignes. CH. J.

Le matériel de traction électrique. Mémoire présenté par POTTER à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Street Railway Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 607 à 609, 30 septembre 1905).

L'auteur passe en revue les dispositifs récents employés pour les installations de traction électrique.

---

[1] Si par exemple on a des sous-stations distantes de 13^{km} et un seul train par heure, marchant à la vitesse de 64 km : h, les sous-stations dont la zone est parcourue en 12 minutes, seront occupées pendant seulement le cinquième du temps et auront par conséquent un facteur de charge déplorable; des postes inertes de transformateurs travaillent dans ces conditions d'une manière bien plus économique puisqu'ils n'exigent pas de surveillance.

[2] L'auteur n'envisage que les moteurs monophasés série ordinaires ou compensés et non les moteurs à répulsion ou à rangées de balais multiples, type Latour.

[1] Voir *Revue électrique*, t. IV, p. 256, 30 oct. 1905.



USINE CENTRALE. — La turbine à vapeur se répand de plus en plus parce qu'elle a un rendement au moins égal à celui des moteurs à pistons à pleine charge et bien supérieur aux faibles charges, ce qui donne un avantage sérieux sur le rendement moyen. Un autre avantage de la turbine est de conserver son rendement tandis que celui des moteurs à pistons, qui dépend de l'étanchéité des valves d'admission et d'échappement, peut s'abaisser de 15 pour 100 et même plus si la machine n'est pas parfaitement entretenue. La turbine présente aussi plus de sécurité (par exemple l'introduction de l'eau qui causerait des avaries sérieuses dans des cylindres n'a pas abîmé des turbines) et demande moins de surveillance et moins de réparations. Les turbines à vapeur, qui ont d'abord été employées presque exclusivement avec des alternateurs, sont en usage à présent pour la commande de génératrices à courant continu; on a construit des groupes de ce genre allant jusqu'à 2000 kilowatts.

Quoique la surchauffe ne procure qu'une économie de vapeur achetée au prix d'une dépense de combustible supplémentaire, le résultat final se traduit généralement par une économie de combustible; c'est pourquoi la surchauffe commence à être employée.

MOTEURS. — Il y a une tendance à augmenter la tension de travail; 600 volts est à présent le chiffre normal du fil de trôlet, alors qu'autrefois on se contentait de 500 à 550 volts.

La construction des moteurs à courant continu a été beaucoup perfectionnée. Les anciens ennuis dus au crachement et aux étincelles aux balais ont disparu pratiquement.

On avait coutume autrefois de mettre en court-circuit une spire du circuit inducteur dans le but de réduire les étincelles au collecteur du moteur et au combinateur, dues à l'extra-courant de rupture. On a abandonné ce dispositif parce qu'on a reconnu que s'il était efficace contre les extra-courants de rupture il donnait lieu à des étincelles lorsque le courant était brusquement interrompu puis rétabli, par exemple par saut ou passage, sur un isolateur de section, de la roulette de trôlet ou bien par saut sur des inégalités du troisième rail.

La vitesse de 1500 t : m paraît être le maximum convenable indiqué par la pratique. On pourrait construire des moteurs plus légers et meilleur marché, mais en fatiguant les coussinets.

Afin d'éviter les étincelles au collecteur, on met beaucoup de lames à celui-ci, de façon à n'avoir qu'une faible force électromotrice entre lames voisines. Il arrive quelquefois que les étincelles se produisent parce que le mica servant d'isolant entre les lames du collecteur s'est usé plus vite que le cuivre; dans ce cas le remède consiste à enlever franchement le mica sur une épaisseur de 1^{mm} environ. On lamine souvent les inducteurs afin de réduire les pertes dans le fer inducteur par courants de Foucault, causes d'échauffement en marche normale qui limitent généralement la puissance du moteur plutôt que les étincelles à la commutation. La ventilation forcée produite par un ventilateur spécial est bien compliquée pour des voitures ordinaires de tramways, mais elle est indiquée pour les locomotives électriques; on peut se contenter de ménager des conduits de ventilation dans les enroulements induits, ce qui a encore pour avantage d'empêcher les dépôts de poussières métalliques provenant du collecteur, des sabots de frein ou du charbon des balais et qui créeraient vite des courts-circuits dans le bobinage. Dans ce but, il faut avoir soin que les conduites de ventilation débouchent derrière le collecteur; une précaution utile également est de prolonger l'isolation des encoches un peu au delà de la tranche de l'induit.

Le graissage à l'huile avec un large palier et un tampon baignant dans une cuvette d'huile à peu près comme dans les paliers d'essieux de chemins de fer, est généralement employé sur les moteurs actuels. Le frettage de l'induit doit être très fort et capable de supporter les effets centrifuges d'une vitesse double de la vitesse normale.

Les inducteurs étant plus exposés à l'humidité que l'induit, on plonge les bobines, avant montage, dans un bain de mélange sous un certain vide, ce qui a pour effet de remplir tous les interstices mais aussi de diminuer un peu la résistance mécanique aux vibrations. Les engrenages doivent être très robustes, c'est la face des dents voisines du moteur qui subit l'effort le plus grand; un essieu d'une seule pièce avec engrenage est plus solide que celui à engrenage claveté.

ÉQUIPEMENT DES VOITURES. — On a perfectionné les combinateurs en employant entre les touches une matière isolante plus vitreuse, moins décomposée par l'arc et donnant naissance à moins de gaz conducteurs. On a remplacé presque partout sur les tramways les lames fusibles en alliage de plomb et étain, dont l'action n'était pas régulière et dont le remplacement était long, par des coupe-circuits automatiques magnétiques. Il faut avoir soin de vérifier ces appareils de temps en temps car après plusieurs courts-circuits ils peuvent être suffisamment détériorés pour ne plus éteindre l'arc et donner lieu à une flamme capable d'alarmer les voyageurs. Sur les gros équipements à courant supérieur à 1000 ampères les disjoncteurs automatiques seraient trop volumineux; on emploie à leur place des fusibles constitués par un mince ruban de cuivre enfermé dans une enveloppe isolante et entouré d'une masse de fer suffisante pour créer un champ magnétique de soufflage.

On apporte maintenant bien plus de soin dans la canalisation des voitures; le meilleur dispositif consiste à loger les fils dans des tubes en fer; on écarte ainsi tout danger d'incendie de la caisse.

RELEVÉS. — Il y a grand intérêt à tenir des statistiques des parcours des véhicules et à enregistrer les facteurs divers en jeu dans la station centrale et les sous-stations. Il conviendrait de faire ces relevés suivant une méthode unique ce qui permettrait d'utiles comparaisons entre les diverses exploitations.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES DU NEW-YORK CENTRAL. — L'auteur donne les renseignements suivants sur des essais récents effectués avec une locomotive à courant continu du New-York Central pesant 97 tonnes dont 70 adhérentes et ayant une puissance indiquée de 2200 chevaux (mais absorbant souvent plus de 3000 chevaux dans les démarrages). Cette locomotive, en remorquant un train de 278 tonnes y compris son propre poids, a atteint la vitesse de 113 km : h sur un parcours de 6^{km} environ et seule a fourni la vitesse de 136 km : h et aurait probablement atteint 160 km : h si le parcours avait été double.

La figure 1 montre des relevés effectués par des appareils enregistreurs pendant un essai de démarrage d'un train de 11 véhicules pesant avec la locomotive 433 tonnes. On remarquera la stabilité relative de l'effort de traction comparé aux fluctuations qu'il offre avec une locomotive à vapeur. La figure 2 donne une courbe de marche du train.

CH. J.

BREVETS RÉCENTS.

Prise de courant : *Trôlet* : ALBEC. BP. 5374, 1904. — BAKEWELL. USAP. 792959, 31 mars 1905. — BAMBER. BP. 17748, 1904. — BERRY et RISCH. BP. 15344, 1904. — BEST. USAP. 793344, 29 sept. 1904. — BLATTE. BP. 10100, 1905. — CLARKE. USAP. 796295, 791750 et 796296, 9 juillet, 3 sept. et 11 octobre 1904. — CHERRY et OLIVE. BP. 2888, 1905. — CRINER. USAP. 796817, 19 déc. 1904. — EVANS et PATTERSON. USAP. 793430, 15 mars 1905. — GINDERS. BP. 17862, 1904. — GRASBERGER. BP. 6194, 1905. — GUNION. BP. 2673, 1905.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : BARCLAY. USAP. 801130, 3 juin 1905 (ligne téléphonique et télégraphique); ID. 801173, 18 mars 1905 (télégraphe imprimeur). — BIRSFIELD. USAP. 799137, 13 fév. 1905 (transmetteur). — BRAUN. USAP. 798008, 20 juin 1904. — DEGENS. BF. 356820, 11 août 1905 (dispositif pour télégraphe imprimeur multiple). — FIELD. USAP. 800844, 20 août 1904. — GAIL. BF. 355061, 22 avril 1905 (transmetteur). — GATI. USAP. 799555, 9 mai 1904. — GIARA. BF. 355619, 10 juin 1905; USAP. 797570, 5 juil. 1904 (télégraphie multiple). — HOGAN. USAP. 799567, 11 août 1902 (télégraphie multiple). — JONES. USAP. 799237, 799238, 799239 et 799240, 6, 7, 19 et 21 avril 1905; 800154, 800155, 800156, 800157 et 800158, 7 fév., 11 et 31 mars, 3 et 27 avril 1905 (système de télégraphie multiple). — KITSEE. USAP. 800653, 800654 et 800656, 8 et 28 fév. 1903, 19 janv. 1905. — KOTYRA. BF. 356630, 20 mars 1905 (dispositif de contrôle automatique de l'entraînement du papier pour la télégraphie). — LAFAURIE. DRP. 161738, 12 déc. 1903 (télégraphe à clavier). — LEONARD et LEWIS. USAP. 799392, 14 déc. 1904 (transmetteur). — LODGE et MUIRHEAD. DRP. 161743 et 161744, 2 oct. 1904 (transmission télégraphique par câbles sous-marins). — PEIRCE. DRP. 163210, 12 mars 1903 (enregistreur pour télégraphe). — POTIEWSKI. DRP. 161740, 4 août 1904 (télégraphe Morse à clavier). — REGINALD. DRP. 162827, 31 juil. 1904 (récepteur). — SCHERMERHORN. USAP. 797612, 24 fév. 1905 (transmetteur télégraphique). — SIEMENS-SCHUCKERT WERKE. DRP. 162667, 2 juil. 1904 (dispositif protecteur pour les lignes télégraphiques). — SIEMENS BROS AND CO LIMITED et GRIMSTON. BP. 21895, 1904. — STOCK. DRP. 164746, 14 avril 1905 (télégraphe imprimeur). — SWIFT. BF. 354786, 17 mars 1905 (télégraphe imprimeur). — TURCHI. USAP. 797761, 12 avril 1905 (système de télégraphie et de téléphonie simultanées). — TURCHI et BRUNE. BP. 3913, 1905 (système de télégraphie et de téléphonie simultanées). — VYVYAN et NEWITT. BP. 20783, 1904. — WOLTERS. USAP. 799817, 20 sep. 1904. — *Télégraphie sans fil* : ARTOM. USAP. 798153, 19 avril 1904; DRP. 162720 et 161962, 15 nov. 1903 (récepteur). — BRANLY. USAP. 796800, 4 sept. 1902 (récepteur). — BRAUN. USAP. 797544 et 797169, 6 fév. 1899. — CLARK ELECTRICAL CY. BF. 356620, 3 août 1905 (appareil télégraphique et signaleur sans fil à fonctionnement automatique). — FESSENDEN. BF. 345842 et 355843, 3 juil. 1905. — FLEMING. USAP. 792014 et 792015. — FORTIER. USAP. 796403, 17 avril 1903 (récepteur). — GESELLSCHAFT FUR DRAHTLOSEN TELEGRAPHIE. BF. 353783, 28 avril 1905; DRP. 163799 et 165740, 15 nov. et 19 oct. 1904; BP. 18538, 1904 (montage de poste récepteur pour télégraphie sans fil). — GARCIA. USAP. 795762, 10 janv. 1901 (dispositif transmetteur de signaux sans fil dans une direction privilégiée, dans lequel les ondes sont envoyées d'une antenne séparée de manière à produire des nœuds ou des ventres d'interférence dans cette direction). — HARRISON. DRP. 162968, 13 août 1904 (récepteur). — HEINICKE. DRP. 161963, 2 fév. 1904; BP. 700, 1905 (récepteur). — HULSMEYER. DRP. 165079, 30 oct. 1904 (cohéreur). — KITSEE. USAP. 800658 et 800854, 17 juin 1905 et 8 février 1902. — MAGINI. DRP. 163315, 19 avril 1903; BP. 354096, 8 mai 1905 (cohéreur), — MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH COMPANY. DRP. 161739, 3 mars 1904; BP. 21640 et 21641, 1904 (commutateur pour récepteur de télégraphie sans fil). — MOLLER. DRP. 163793 et 163794, 6 avril 1904 (récepteur). — SCHAFER. BF. 354386, 17 mai 1905 (récepteur d'ondes électriques agissant par variation de résistance).

ÉCLAIRAGE.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : ALLGEMEINE BELEUCHTUNGS UND HEIZ-INDUSTRIE A.-G. DRP. 165951, 21 février 1902. — ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 164313 et 164315, 17 août et 14 oct. 1904. — CARBONE. DRP. 165820 et 165950, 1er juin 1904 et 7 février 1905. — DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR BREMER-LICHT. DRP. 162782, 2 fév. 1902. — FLICHTNER. DRP. 163106, 24 fév. 1904. — GROSS. BP. 21242, 1904. — HARTHAN. USAP. 797806, 29 avril 1903. — HIRSCHLAFF, SCHERPE et MICHAELIS. DRP. 163333, 8 octobre 1901. — KÖLLER. DRP. 165822, 14 mars 1905. — KONITZER. BF. 355063, 26 avril 1905. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE (SOCIÉTÉ). BF. 356514, 28 juil. 1905 (dispositif d'asservissement de projecteur électrique). — MAHLKE. DRP. 164315, 3 nov. 1904. — PHŒNIX (SOCIÉTÉ). DRP. 165821, 21 janvier 1905. — ROSEMEYER. DRP. 164314, 14 oct. 1904. — SCHAEFFER. DRP. 162829, 22 janvier 1905. — STAKELBERG. USAP. 795867. 16 déc. 1904. — STODDARD. USAP. 794505, 26 oct. 1904. — STOWE. USAP. 796467 et 797629. 5 décembre 1902 et 25 mai 1904. — TITO LIVIO CARBONE. DRP. 163290, 11 nov. 1902. — WESTINGHOUSE. DRP. 164312, 15 nov. 1903. — *Charbons :* MENDOZA ET BUENO. BF. 350186. 24 sept. 1905. — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 165445. 27 août 1904 (porte-charbon). — SIEMENS (GEBRUDER) et Cie. DRP. 165058, 165289 et 165617, 13 et 28 mars 1905, 25 octobre 1904 (charbon métallisé). — *Supports et accessoires :* EFREM et SIDLER. BF. 355756, 30 juin 1905 (disjoncteur pour régulateur de lampes à arc). — PARKER. USAP. 794309, 8 nov. 1904 (bloc isolé pour abat-jour). — PERRIGO. USAP. 793952, 3 novembre 1904 (fixation de lampe).

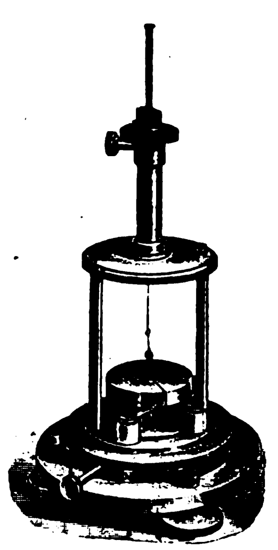
Lampes à incandescence : *Lampes à filament :* BOEHM. USAP. 799219, 23 juin 1900 (lampe avec conducteurs de seconde classe). — BURY. BP. 1665, 1905. — BYNG et CRAWSHAW. BP. 18546, 1904 — DINNEEN. USAP. 795492, 6 août 1904. — DOANE. USAP. 800993, 16 nov. 1904. — GEROW. BP. 1072, 1905. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 20965 et 18359, 1904. — JUST et HANAMAN. BP. 23899, 1904. — MILLER. USAP. 797593, 3 sept. 1903. — PHELPS. USAP. 796757, 25 avril 1902. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 164357 et 165057, 3 mai 1902 et 14 oct. 1904 (lampe au tantale). — THOMAS. BP. 5220, 1905. — VERITYS. BP. 17621, 1904. — WEINTRAUB. BP. 16257, 1904. — *Accessoires :* BOGIA. USAP. 799530, 25 avril 1904. — CASASSA. USAP. 794588, 4 janv. 1901 (procédé de fabrication des lampes à incandescence). — CHAUVET. BF. 355124, 9 juin 1905 (support). — COSTA. USAP. 794140, 16 avril 1904 (socle). — CRAWFORD. BP. 13253, 1904 (filaments). — DEUTSCHE GASGLUHLICHT. DRP. 162705, 11 av. 1899 (filaments à incandescence en osmium). — ELECTRIC EQUIPMENT. BP. 16425, 1904 (corps incandescent). — ELLIOT. USAP. 793774, 5 juin 1904 (support multiple). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 6959, 1904 (filament pour lampes). — GOLLATZ. USAP. 794458, 14 déc. 1904 (socle). — JONES. USAP. 793935, 24 mai 1904 (socle). — PORTILLO. BF. 355407, 20 juin 1905 (culot de lampes à incandescence). — SEYMOUR. USAP. 797825, 27 avril 1904 (support). — TOURNIER. USAP. 799420, 27 nov. 1903 (support). — USCHMANN. USAP. 797090, 1er juin 1904 (support). — *Lampes à gaz et à vapeur incandescentes :* COLEMAN. USAP. 799451, 7 fév. 1904 (allumage des lampes à vapeur). — COOPER HEWITT. BF. 353918, 5 mai 1905; DRP. 161311, 25 juin 1903; BP. 5409 et 8973, 1905 (allumage des lampes à gaz ou à vapeur). — KUCH. USAP. 794868, 17 nov. 1904. — THOMAS. BF. 353260 et 354014, 12 avril et 5 mai 1905 (protecteur pour appareils électriques à vapeur); BP. 10533, 1905.

MESURES ET ESSAIS.

Méthode électrique pour la détermination des chaleurs spécifiques; par P. Vaillant (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 658-660, 23 oct.). — Cette méthode consiste à noter l'élévation de température produite par la chaleur développée par le passage d'un courant d'intensité connue dans un fil de résistance connue plongé dans le liquide dont on veut la chaleur spécifique. Cette méthode, qui, en définitive, consiste à inverser le but de la méthode électrique pour la mesure de l'équivalent mécanique de la calorie, a été utilisée par l'auteur pour déterminer la chaleur spécifique des solutions de sulfate de cuivre, au moyen du dispositif suivant : — Sur le fond du vase intérieur d'un calorimètre Berthelot repose horizontalement une lampe de 10 bougies à 120 volts, de la forme dite « flamme ». Le culot de la lampe a été enlevé et les deux extrémités du filament directement soudées à des fils isolés au caoutchouc et engainés sur toute la hauteur du vase dans un tube de verre que ferme aux deux bouts du mastic Golaz. Ce même vase contient 1^l de la solution à étudier, un agitateur à ailettes mis en mouvement par une petite dynamo et un thermomètre au centième; on s'est assuré que le frottement de l'agitateur sur le liquide ne produisait pas pendant la durée des expériences d'effet calorifique sensible. Dans la lampe passe un courant de 0,2 ampère mesuré par un ampèremètre de précision et fourni par une batterie de 60 accumulateurs; la différence de potentiel évaluée au potentiomètre, varie d'une expérience à l'autre de quelques dix-millièmes; ces variations sont d'ailleurs de même sens que les variations de force électromotrice de la batterie, en sorte que les variations correspondantes du courant, trop faibles pour être décelées par l'ampèremètre, peuvent être calculées en admettant que la résistance de la lampe reste constante. La mesure consiste à évaluer le nombre de joules à fournir au calorimètre pour faire monter le niveau du mercure de 100 divisions exactement dans le thermomètre, examiné à travers la lunette d'un cathétomètre. Le début et la fin de l'expérience sont inscrits par un chronographe Hipp qui inscrit en même temps les oscillations du balancier d'une horloge électrique. L'approximation de la mesure est à peu près de l'ordre du millième. — L'auteur a trouvé ainsi pour la chaleur spécifique de solutions de sulfate de cuivre les nombres inscrits sur la seconde ligne du tableau ci-dessous, la première ligne indiquant la concentration par le nombre d'équivalents-grammes de $CuSO^4, 5H^2O$ par litre :

Équivalents-grammes.....	0,7858	1,6499	2,3510	2,7213
Chaleur spécifique........	0,9325	0,8709	0,8288	0,8094

Électromètre à quadrants Dolezalek, construit par la Cambridge scientific Instruments Co. — Les caractéristiques de l'instrument, lequel est représenté par la figure ci-jointe, sont grande légèreté et faible capacité électrostatique. Pour réaliser cette dernière condition l'aiguille et les cadrans sont de petites dimensions. Pour réaliser la première l'aiguille est d'une extrême légèreté (en papier recouvert d'une mince couche d'argent) et elle est suspendue par un fin fil de quartz. — Le couple de rappel produit par ce fil est extrêmement faible et la période d'oscillation se trouve dès lors assez grande; toutefois, en raison de la très faible masse de l'aiguille, la durée de cette période reste encore au-dessous de la limite à partir de laquelle les mesures deviennent incommodes. La résistance apportée par l'air au mouvement de l'aiguille est d'ailleurs suffisante pour rendre l'oscillation presque apériodique, sans qu'il soit nécessaire d'un dispositif d'amortissement spécial. Les déviations sont proportionnelles aux différences de potentiel dans de larges limites. — Le quartz étant isolant, on rend conducteur le fil et ses attaches en les recouvrant d'une mince couche d'une solution d'un sel hygroscopique comme le chlorure de calcium en solution aqueuse à 10 ou 20 pour 100; avant l'immersion dans cette solution, le fil est nettoyé en le plongeant quelques minutes dans une lessive de potasse à 10 pour 100, puis en le lavant à l'eau distillée. L'aiguille est chargée à un potentiel de 50 à 200 volts par une pile ou un circuit d'éclairage; des potentiels plus élevés ne sont pas recommandables lorsqu'un fil très fin est employé pour la suspension. — La charge de l'aiguille peut aussi se faire au moyen d'une clef de charge spéciale; dans ce cas le fil de suspension, qui n'est pas rendu conducteur, isole suffisamment bien l'aiguille pour que celle-ci conserve sa charge pendant plusieurs jours sans charge appréciable : on peut ainsi faire des mesures quantitatives précises sans avoir besoin d'une source de charge à potentiel constant. — Avec un fil de quartz de $0^{mm},009$ de diamètre et de 60^{mm} de longueur, l'aiguille étant chargée à 110 volts par un circuit d'éclairage, M. Dolezalek a trouvé une période d'oscillation de 8 secondes, avec un coefficient d'amortissement égal à 7; la distance de l'échelle étant de 2^m, une force électromotrice de 0,1 volt produisait une déviation de 130^{mm}. En employant un fil de quartz plus fin ($0^{mm},004$), la sensibilité a été poussée jusqu'à $8^{mm},5$, la période d'oscillation étant alors de 60 secondes.



BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft DRP. 163876, 29 oct. 1904. — Aron. DRP. 162948, 2 déc. 1903. — Bochet. BF. 355561, 21 juin 1905. — Bourgeois. DRP. 162831, 29 janvier 1905. — Dedreux. DRP. 162878, 3 avril 1904. — Hartmann et Braun. DRP. 166045, 11 mars 1905. — King. USAP. 800375, 6 sept. 1902. — Kraussе. DRP. 164749, 9 oct. 1904. — Meyer (Paul). DRP. 165741, 15 mars 1903. — Paulet. DRP. 164310, 2 mars 1903. — Pfleumer. DRP. 164748, 14 juin 1904. — Sayles. USAP. 797917, 13 mars 1905. — Schuckert et Co. DRP. 163873, 14 août 1904. — Siemens-Schuckert. DRP. 163879, 5 janvier 1905. — Siemens et Halske. DRP. 163874, 16 août 1904. — Wilsson. DRP. 163878, 9 déc. 1904.

Appareils divers : Carpentier. BF. 355516, 11 mai 1905 (mesure de la tension, de l'intensité et de la puissance dans les réseaux). — Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a gaz. BF. 354511, 22 mai 1905 (enroulement pour préserver les aimants des appareils de mesures d'électricité à courant continu contre les courts-circuits). — Elphinston et Fast. BP. 21028, 1904 (instruments de mesure). — Evershed et Vignoles. BP. 19995, 1904 (shunt).

BIBLIOGRAPHIE.

Essais des matériaux, par H. BOUASSE, professeur de Physique à l'Université de Toulouse. Un vol., format $25^{cm} \times 16^{cm}$, 150 pages, 54 fig. A. Gratier et J. Rey, Grenoble, et Gauthier-Villars, Paris, éditeurs. Prix : broché, 5 fr.

Cet Ouvrage fait partie d'une nouvelle collection, *la Bibliothèque de l'Élève ingénieur*, publiée par M. J. Pionchon, ancien Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, actuellement Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Dijon, collection qui doit comprendre environ 70 volumes de « notions fondamentales, théoriques et pratiques sur les Sciences appliquées ».

Les *Essais des matériaux* semblent bien remplir le programme implicitement compris dans cette dernière phrase; ce n'est ni un Traité de la résistance des matériaux, ni un Traité sur les méthodes d'essai : c'est l'introduction indispensable à l'étude de la résistance des matériaux et à l'application des méthodes d'essai. D'ailleurs, le but et les tendances de l'Ouvrage sont nettement exprimées dans le passage suivant de la Notice des éditeurs :

« L'auteur se propose de mettre l'ingénieur en possession des principes qui doivent le guider dans l'application des méthodes d'essai. Il cherche à présenter d'une manière élémentaire, et sans calculs fastidieux, l'état scientifique de la question des déformations permanentes. Il explique le sens exact d'une foule de mots (modules, écrouissage, hystérésis, accommodation, viscosité, etc.) que tout le monde emploie, et souvent avec des significations singulières et contradictoires. Il fait justice d'un certain nombre de legs des temps passés dont on a reconnu l'inutilité ou l'erreur. Il s'efforce de mettre en relief les notions, comme le principe de Coulomb, depuis longtemps découvertes et redécouvertes, mais auxquelles on n'avait pas encore donné tout leur prix ».

Ajoutons que l'auteur, travaillant depuis de longues années la question qu'il expose, appuie ses critiques sur une expérience personnelle laborieusement acquise, et n'avance aucun fait qu'il n'ait vérifié lui-même. J. B.

Les piles à gaz et les accumulateurs légers, par A. BERTHIER, ingénieur. Deux volumes format $19^{cm} \times 13^{cm}$, 113 et 156 pages. H. Desforges, éditeur.

L'Ouvrage comprend deux petits volumes intitulés : *Les piles à gaz, les accumulateurs légers au plomb et mixtes*, pour le premier, et *Les accumulateurs légers sans plomb et les accumulateurs alcalins*, pour le second.

Dans la première Partie, l'auteur étudie les piles et accumulateurs à gaz, puis les accumulateurs légers au plomb et enfin les accumulateurs légers mixtes dans la constitution desquels entrent le plomb et un autre métal. Les piles et accumulateurs à gaz, notamment, sont décrits avec quelques détails. Ces descriptions sont d'ailleurs faites en grande partie d'après les brevets, peu de ces éléments ayant reçu un commencement de réalisation pratique. Le Chapitre des accumulateurs au plomb est très résumé; c'est une revue rapide des dispositions employées ou brevetées. Dans le Chapitre des accumulateurs mixtes, il est surtout question du couple zinc-acide sulfurique-peroxyde de plomb; il n'est dit que quelques mots des autres combinaisons qui ont été proposées.

La deuxième Partie traite des accumulateurs légers sans plomb. Les différents métaux (zinc, magnésium, aluminium, cuivre, mercure, fer, chrome, manganèse) y sont examinés au point de vue des couples dans lesquels on a proposé de les faire entrer. Un Chapitre particulier est réservé aux accumulateurs alcalins et notamment à l'accumulateur Jungner-Edison à électrolyte invariable.

Dans un Chapitre spécial, l'auteur tire quelques conclusions de son étude en ce qui concerne la production et l'emmagasinement de l'énergie électrique. Dans le premier cas (production de l'énergie électrique), il donne comme probable que l'avenir appartiendra à un générateur électrochimique utilisant les affinités des hydrocarbures et notamment de ceux qui sont employés actuellement comme combustibles. Il indique aussi les qualités que devra posséder l'accumulateur idéal.

Enfin, dans un dernier Chapitre, il est donné quelques brèves considérations relatives à l'application des accumulateurs légers à l'automobilisme. T. P.

Recherches expérimentales sur les clapets électrolytiques, par M. ALBERT NODON. Un vol. in-8° de 72 pages, avec planches. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : 4 fr.

Dans cette étude détaillée des divers phénomènes physiques et chimiques qui président au fonctionnement des clapets et des soupapes électrolytiques, M. Nodon analyse les principaux points suivants : l'historique, les principes, la description des organes, l'étude des résultats. Puis l'auteur étudie la nature et la forme du courant des soupapes, le fonctionnement des clapets montés en pont de Wheatstone, etc. M. Nodon termine par les diverses applications des soupapes dont l'emploi industriel se développe chaque jour davantage en France et à l'étranger.

Des figures et de nombreux graphiques obtenus à l'aide de l'ondographe Hospitalier permettent de se rendre compte des divers phénomènes produits par les clapets électrolytiques.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS — INFORMATIONS.

Sociétés savantes et techniques.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — A la séance du vendredi 1er décembre, M. Maurice LEBLANC a fait une conférence sur les *Ejecteurs de vapeur* où, après avoir étudié la théorie de ces appareils, il a montré l'application que l'on peut en faire à la production des vides élevés et à la fabrication de la glace par évaporation de l'eau dans ces vides. Cette application paraît devoir prendre bientôt une importance industrielle assez considérable : d'une part, les turbines à vapeur ont un rendement d'autant meilleur que le vide dans le condenseur est plus élevé ; d'autre part, l'emploi de plus en plus répandu des eaux de rivières filtrées et stérilisées pour l'alimentation des villes en eaux potables amènera sans doute les municipalités à se préoccuper du rafraîchissement de ces eaux en été, dès qu'un procédé de refroidissement peu coûteux sera mis à leur disposition.

A la même séance, M. Abraham a présenté, de la part de M. Pierre WEISS, un travail critique *Sur les propriétés des contacts imparfaits,* étudiées récemment par M. Fish, M. Schneider et M. Blanc.

Dans le prochain numéro, une analyse de chacune de ces Communications sera publiée.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — Le défaut de place nous force à remettre au prochain numéro l'analyse des Communications faites à la séance du mercredi 6 décembre et en particulier de celle de M. MAUGAS sur l'*Electricité à bord des navires de guerre*.

Congrès de traction de Philadelphie.

L'American Railway mechanical and electrical Association et l'American Street Railway Association, deux Sociétés parentes américaines s'occupant de traction électrique, ont tenu en septembre dernier, à Philadelphie, leur assemblée ou Convention annuelle.

Ainsi que le fait remarquer dans son éditorial notre confrère *Street Railway Journal* qui a donné le compte rendu de cette assemblée, les sujets traités ne sont pas de grande envergure. On y trouve toutefois des renseignements de détail utiles ou l'exposé de l'état actuel d'une question en Amérique. A ce titre nous avons cru bon de donner une analyse succincte des principaux Mémoires présentés [1].

Une question cependant a été traitée d'une façon complète, c'est celle des joints des rails. Il paraît résulter des comptes rendus que les joints soudés (par les divers procédés électriques ou thermiques), sur lesquels on avait émis au début des craintes concernant les effets de dilatation, se répandent de plus en plus sur les lignes de tramways. On a parlé aussi des joints mécaniques constitués par des pièces en acier boulonnées embrassant presque toute la surface du rail, mais il semble d'après le Mémoire du rapporteur qui résume la question que les connecteurs en cuivre, dont l'emploi est si étendu en Europe, ne sont presque jamais employés, sauf pour les liaisons entre files de rails différentes ; on ferait seulement ou des joints soudés ou des joints en acier éclissés.

[1] Nous avons donné dans le précédent numéro (p. 313 à 315) les analyses des Communications concernant les joints des rails; d'autres Communications ont été analysées dans ce numéro et les deux précédents; outre ces Communications et quelques-unes dont nous dirons prochainement quelques mots, les suivantes, que nous ne ferons que signaler, ont été aussi présentées :

Le combinateur-série parallèle de tramway, par W.-A. PEARSON, ingénieur-électricien de la New-York City Railway Company. — Description des combinaisons bien connues réalisées dans le combinateur à cylindre du type ordinaire des tramways.

Le système de distribution de la Boston Elevated Railway Company. Mémoire présenté par C. HILE, ingénieur de la canalisation à ladite Compagnie. — Description du réseau de la Compagnie alimenté par cinq stations à courant continu réunies entre elles par des lignes égalisatrices.

Informations diverses.

GÉNÉRATION ET DISTRIBUTION. — Un important réseau de distribution d'énergie électrique va être créé à Marseille par la Compagnie générale d'Électricité, qui a déjà créé les réseaux de Rouen, Nantes, Amiens, Nancy, Angers et Bordeaux. L'usine génératrice de Marseille sera pourvue de groupes électrogènes à turbines ; deux de ces groupes, d'une puissance de 1800-2160 kilowatts, sont actuellement en construction dans les ateliers du Bourget et de la Compagnie électromécanique.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — La Delaware, Lackawanna and Western Railroad a pris des dispositions pour communiquer par la télégraphie sans fil, aux voyageurs de ses trains rapides, les derniers cours de la Bourse pendant les heures d'ouverture de la Bourse de New-York.

— La Midland Railway Gesellschaft a établi à Heysham, sur la côte du Lancashire, une station de télégraphie sans fil qui est destinée à communiquer avec les paquebots de la Société ou avec d'autres vapeurs de commerce naviguant entre l'Irlande et la côte nord-ouest d'Angleterre. L'antenne de la station n'est pas mise à la terre, mais reliée à une capacité convenable qui se compose d'un réseau isolé, de forme carrée, et de 600^{m^2} de surface. L'extrémité supérieure de l'antenne est reliée à un réseau semblable qui repose sur 4 mâts de 24^m de hauteur et qui est, comme le premier, soigneusement isolé de la terre. On emploie à la transmission plusieurs étincelles en série. La longueur d'onde est d'environ 450^m.



Tome IV. **N° 48. — 30 décembre 1905.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

COUPLEUR AUTOMATIQUE DE TRANSFORMATEURS,

SYSTÈME MARIAGE.

Dans les sous-stations et postes de transformateurs comprenant un certain nombre de ces appareils, ceux-ci restent en service constant même lorsque le débit est très faible, ce qui entraîne des pertes qui en fin d'année se chiffrent dans les Compagnies électriques par des sommes élevées.

Le dispositif de M. Mariage a pour objet une installation où le mode de couplage des transformateurs supprime ce grave inconvénient et assure le maximum de rendement. Le principe consiste à n'avoir constamment en service qu'un seul transformateur tant que la charge n'atteint pas une valeur déterminée, et d'assurer le couplage automatique avec le premier à mesure que la charge augmente. Inversement, si la charge diminue au-dessous de la capacité d'un transformateur, celui-ci reste seul en circuit [1]. Les figures 1 et 2 donnent la vue de l'appareil, construit par la Manufacture parisienne d'appareillage électrique; dans la figure 2 la partie antérieure portant l' « électro-ampèremètre » a été enlevée pour permettre de voir les appareils placés derrière. La figure 3 donne le schéma de l'appareil, qui comprend les organes suivants :

1° Un ampèremètre Am à maximum et minimum représenté schématiquement;

2° Un électro parcouru par un courant de 15 ampères environ;

3° Un interrupteur secondaire avec deux relais Ma et Ar;

4° Un interrupteur primaire.

Nous allons donner une idée du fonctionnement du coupleur :

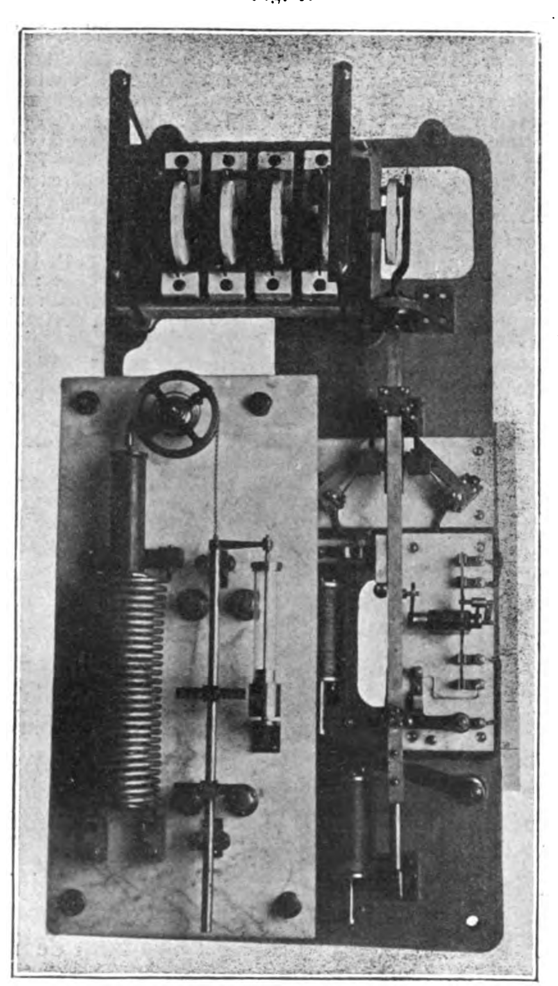
Soit une installation composée de deux transformateurs Tr_1 et Tr, alimentant par exemple une distribution d'éclairage. Les deux transformateurs sont connectés à l'autocoupleur de façon que le

[1] Quelques appareils ont déjà été proposés dans cet ordre d'idées, mais ils comportaient du mercure, ce qui les rendait peu pratiques.

courant secondaire de Tr traverse le solénoïde de l' « ampèremètre » Am.

Quant à Tr_1 son secondaire est relié aux bornes de l'interrupteur secondaire en *m* et *n*. Le primaire de Tr_1 est relié aux bornes *o*, *p* de l'interrupteur haute tension. L'ordre des ruptures est d'ailleurs toujours tel que le secondaire est déjà coupé quand on coupe le primaire.

Fig. 1.



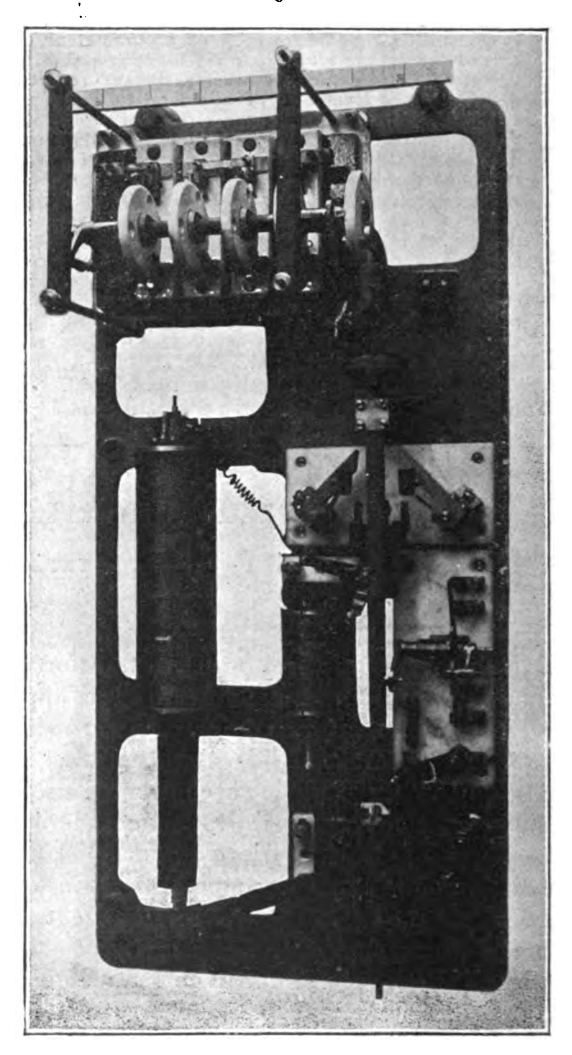
L' « ampèremètre » se compose, comme le montre la figure 1, d'un solénoïde attirant un plongeur soulevé par un ressort. La plongée détermine le mouvement d'une tige portant une barrette qui peut venir établir le contact en *ef* (ceci se produit pour les courants inférieurs à 35 ampères) ou en *cd* (quand le courant atteint 100 ampères).

Supposons l'appareil fonctionnant dans les conditions prévues par le schéma, c'est-à-dire le transformateur Tr débitant seul sur le circuit.

Admettons que le courant atteigne la valeur de 100 ampères par exemple, limite de la capacité d'un des transformateurs; le contact s'établit alors en *cd* par la barrette.

A ce moment il s'établit un circuit partant de la barre A, comprenant les contacts *c*, *d*, l'électro-

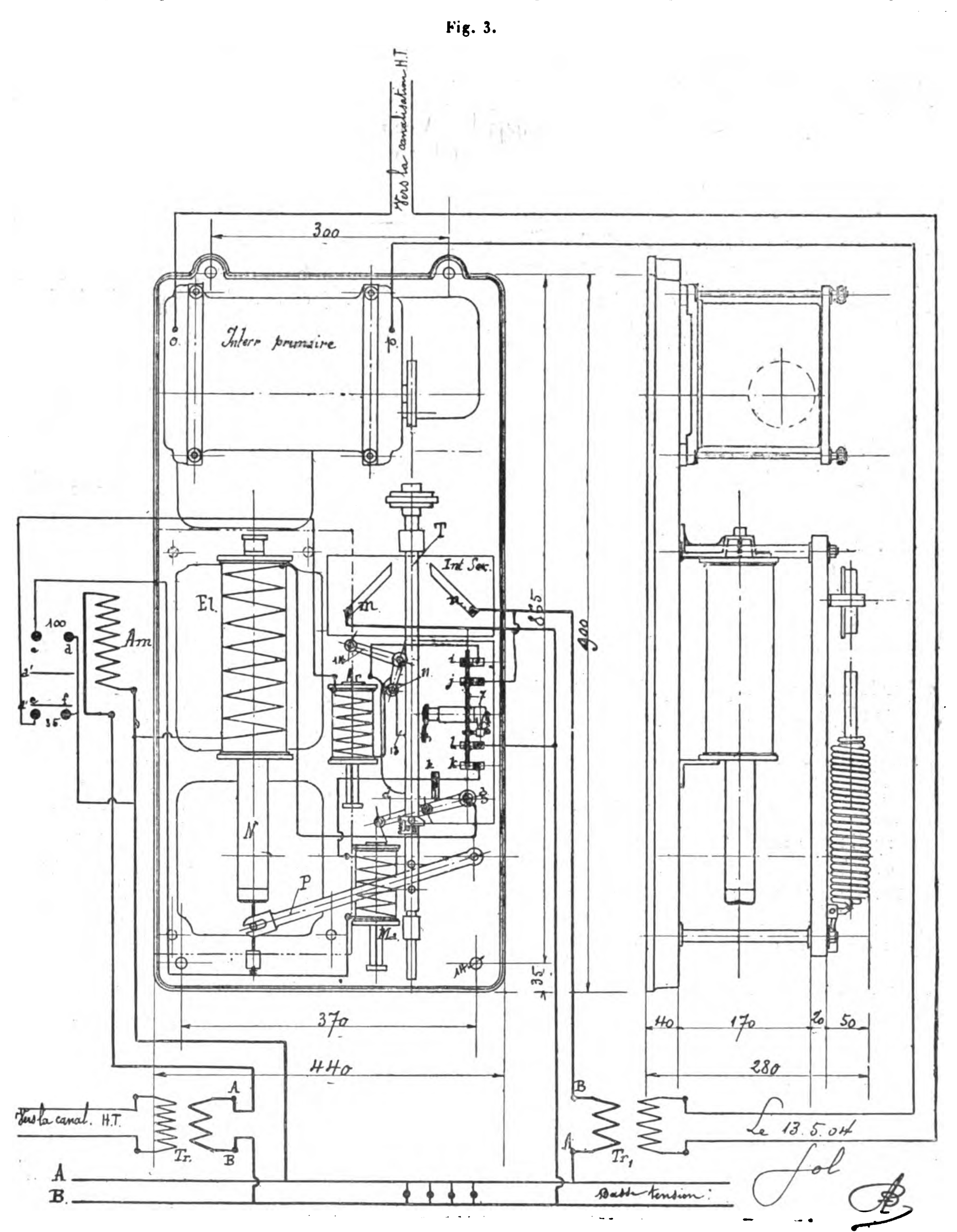
Fig 2.



plongeur Ma, les plots *k* et *l* de l'inverseur des relais (dont il sera question plus loin), et la barre B de la basse tension. Le noyau de Ma violemment projeté vers le haut entraîne dans sa course le levier *d*, et le circuit de l'électro El se trouve fermé, comme on pourra le vérifier en suivant le circuit. Le plongeur N attiré à l'intérieur de El

ferme, par l'intermédiaire du levier P et de la tige T, l'interrupteur primaire d'abord et avec un léger retard l'interrupteur secondaire. Inversement à la rupture l'interrupteur secondaire est coupé avant

Fig. 3.



l'interrupteur primaire. Un pare-étincelles en charbon a été placé sur l'interrupteur secondaire de façon à absorber l'arc de rupture.

En même temps l'ascension de la tige a eu pour effet de manœuvrer un inverseur *klij* de façon que ce soit l'électro Ar qui se trouve prêt à recevoir le courant lors de la manœuvre inverse provenant d'une diminution de courant. En même temps le courant est coupé dans l'électro de manœuvre El.

Si, en effet, les deux transformateurs étant en parallèle l'intensité du courant vient à baisser jusqu'à 70 ampères, soit 35 par transformateur, le noyau de l' « ampèremètre » est tiré en dehors du solénoïde et il s'ensuit qu'un contact s'établit en *ef*. L'électro-plongeur Ar est alors excité, son noyau vient heurter le levier 14 et ceci a pour effet de dégager le cliquet sur lequel reposait le plongeur N arrivé au haut de sa course.

Celui-ci descend alors par son poids et ouvre l'interrupteur secondaire, puis l'interrupteur primaire.

Les figures 1 et 2 montrent suffisamment la construction des différents organes de l'appareil. L'interrupteur primaire mérite cependant une mention spéciale.

Il se compose de quatre interrupteurs à couteaux (*fig.* 4 et 5), placés en série de façon à couper le courant en quatre points. Des disques isolants 26 pourvus d'ergots 27 viennent en tournant dans un sens assurer la fermeture des interrupteurs et, en tournant en sens inverse, produire l'ouverture.

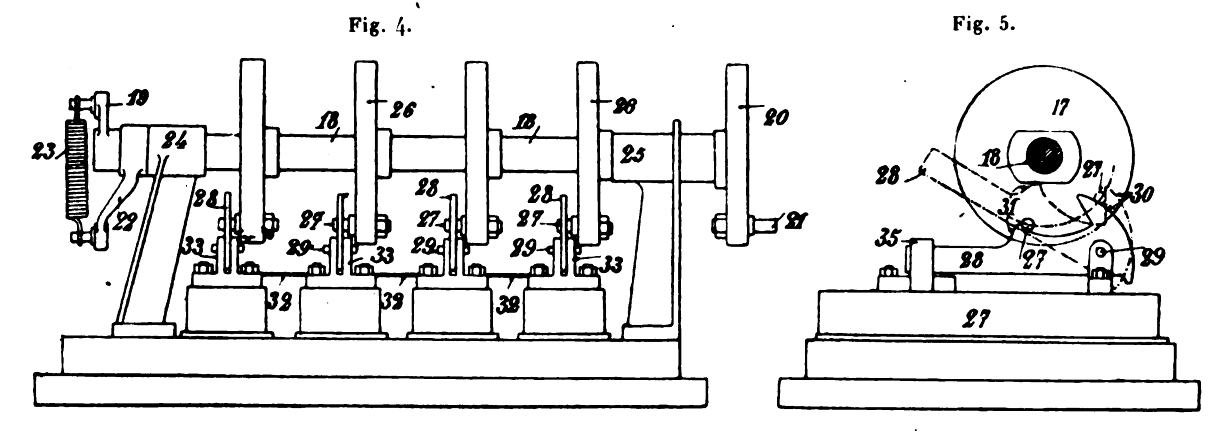


Fig. 4. Fig. 5.

Le mouvement de ces disques est opéré par un arbre 17 lié par un manneton 21 avec la tige de manœuvre T.

Cet arbre passe au travers d'un arbre concentrique 18 isolant sur lequel sont montés les disques 26 et le commande par l'intermédiaire d'un manneton 19, du ressort à boudin 23 et d'un second manneton 22, de façon à produire des fermetures et ouvertures brusques à la façon bien connue.

Le dispositif qui vient d'être décrit avec un « ampèremètre » à plongeur se prête seulement au couplage en parallèle de transformateurs égaux ; afin d'étendre son appareil au groupement de transformateurs inégaux, M. Mariage a remplacé le dispositif à plongeur par un système rotatif analogue à un wattmètre.

L'organe principal est un petit moteur analogue à un compteur. Le gros fil est parcouru par la somme des courants des deux transformateurs tandis que le fil fin est pris en dérivation sur les barres. Le couple fourni dépend du courant débité, la rotation du moteur est employée à tendre un ressort relié à une barrette qui joue exactement le même rôle que la barrette *a'* du coupleur automatique à plongeur précédemment décrit; le reste du système est identique.

On obtient par ce dispositif une beaucoup plus grande sensibilité et l'appareil est établi en vue de couplage de transformateurs dont les primaires sont dans le rapport 1 à 10, le petit transformateur restant seul constamment en circuit.

Ce nouveau dispositif étend de beaucoup les limites d'emploi du coupleur.

P. Bourguignon.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS [1].

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

La nouvelle usine centrale de la Brooklyn Rapid Transit C° (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 431 à 441, 23 septembre 1905).

La Brooklyn Rapid Transit C°, qui possédait déjà, pour l'alimentation de son réseau de tramways à niveau du sol et de lignes aériennes, 5 stations, dont il est vrai 4 étaient relativement petites et fonctionnaient seulement avec du courant continu [2], a entrepris la construction d'une cinquième usine très grande, située au bord de l'East River à Williamsburg, à côté de l'ancienne station de Kent Avenue. Cette usine sera prochainement terminée.

Tandis que dans l'ancienne station la salle des machines occupait 60 pour 100 de la superficie et la chaufferie 40 pour 100, dans la nouvelle la proportion est renversée, grâce à l'emploi de turbines à vapeur. Le bâtiment, construit entièrement en acier, briques et ciment, est incombustible et mesure 77^m de profondeur et 62^m de façade.

La figure 1 donne la coupe de la chaufferie qui occupe en plan une surface de 77^m sur $37^m,50$ et comprend 2 étages de chaudières Babcock et Wilcox. La place est calculée pour 36 chaudières par étage, soit 72 en tout, disposées en 6 rangées de 6, desservies par 3 cheminées; mais on n'a installé, pour le début, que 2 étages de 18 chaudières, desservies par une cheminée.

Les chaudières, d'une capacité de 650 chevaux chacune, fournissent de la vapeur à la pression de 14 kg : cm², qui subit une surchauffe de 37° au-dessus de la saturation. Chaque générateur de vapeur comprend 3 bouilleurs et 294 tubes et présente une surface de chauffe de 585^{m^2}. Le tirage sera naturel ou artificiel, suivant le combustible employé. Le tirage forcé est produit au moyen de 2 ventilateurs Sturtevant par rangée de 6 chaudières. La tuyauterie de vapeur forme une boucle fermée à chaque étage. L'alimentation d'eau sera faite au début par 3 pompes verticales Blake pouvant débiter 2250^l par minute. La place est réservée pour des économiseurs, mais on n'en installera pas au début. Les gaz fournis à chaque étage par une double batterie de générateurs se réunissent dans un carneau communiquant avec une des cheminées. Celles-ci, dont la base commence au 3ᵉ étage du bâtiment, ont 75^m de haut.

La manutention considérable du charbon et des cendres est faite dans un bâtiment métallique dit « tour à charbon » situé en bordure du canal, devant la chaufferie, et représenté en perspective sur la figure 2. Le charbon amené par le canal est chargé dans des wagonnets de 1,25 tonne qui sont soulevés à la hauteur du premier, puis amenés sur les deux côtés de la tour par 2 grues; le charbon est ensuite élevé par 2 élévateurs à chaîne, au sommet et au centre de la tour, d'où il est conduit par un petit chemin de fer à câble installé sur une passerelle métallique au-dessus du 2ᵉ étage de chaudières, où il tombe dans les conduits d'alimentation des chargeurs automatiques des deux étages de générateurs. On peut ainsi fournir 300 tonnes par heure. Les cendres de ces deux étages de chaudières tombent par des conduits verticaux (ash chutes) dans des wagonnets circulant au niveau du sol sur une petite voie où ils sont conduits, à l'aide d'une petite locomotive électrique, dans le bas de la tour à charbon. Les cendres sont ensuite amenées par un élévateur à chaîne dans une grande chambre à cendres située au milieu et au premier étage de la tour. On peut ainsi évacuer 50 à 60 tonnes de cendres à l'heure. Elles sont finalement versées, par des coulottes, de la chambre à cendres dans des wagons ou des bateaux.

La salle des machines, qui est contiguë à la chaufferie, mais ne forme qu'un grand hall sans étages, occupe une surface d'un tiers plus petite que la chaufferie (77^m de long sur 25^m de large), et d'un peu moins de hauteur. Elle est prévue pour contenir 9 groupes générateurs dont 1 de 5500 kilowatts et 8 de 7500 kilowatts, soit au total 65500 kilo-

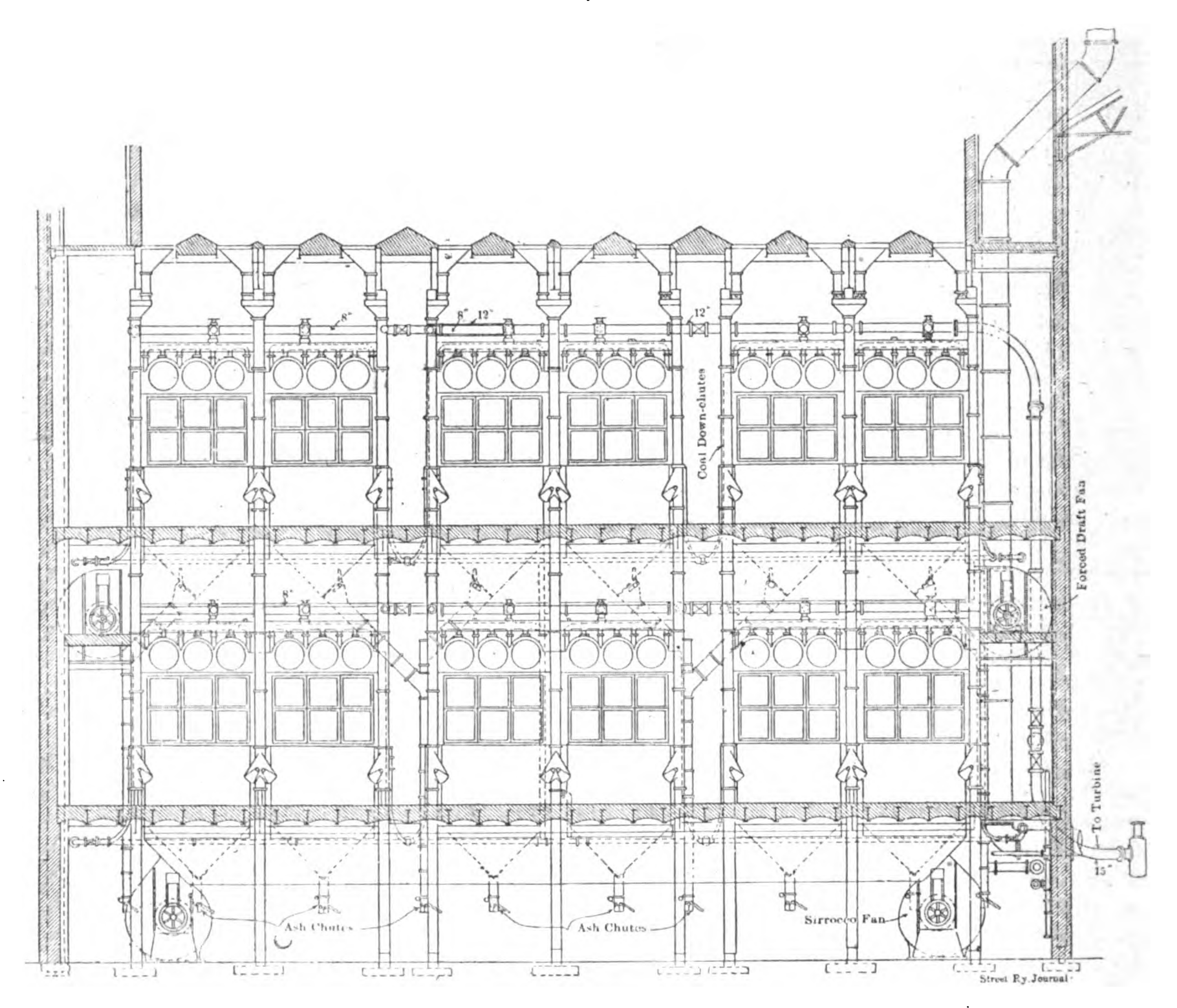
[1] Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. JOSSE, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1ᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les résumés des brevets anglais nous sont fournis par MM. MARKS and CLERK, chartered patent agents, 18 Southampton Buildings, Chancery Lane, London W.-C.

[2] La 5ᵉ, située à la 3ᵉ avenue, construite depuis 3 ans, était seule moderne : elle possédait des groupes générateurs triphasés à moteurs verticaux de 4000 chevaux et formait le centre d'un réseau de distribution à haute tension comprenant actuellement 7 sous-stations importantes, sans parler d'autres qui sont prévues.

watts, ce qui, avec la surchage possible de 50 pour 100, amène au chiffre énorme d'environ 100 000 kilowatts. On n'installera au début que 3 groupes, dont 2 de 7500 kilowatts formés avec des turbines Westinghouse-Parsons et 1 de 5500 kilowatts comprenant une turbine du nouveau type Allis-Chalmers. La vapeur se rend aux turbines par une canalisation logée sous le plancher.

Fig. 1.



Les turbines de 7500 kilowatts de la Cie Westinghouse, capables de supporter une surcharge de 50 pour 100, c'est-à-dire de fournir 15000 chevaux, seront les plus puissantes qui aient jamais été construites. Elles ne différeront guère que par les dimensions du type connu de 5000 kilowatts à axe horizontal. Elles auront 15^m de long ($1^m,20$ de plus que celles de 5000 kilowatts), $5^m,1$ de large (soit à peu près la même largeur) et $4^m,5$ de haut, occupant ainsi une aire totale de $76^{m^2},5$, soit $0^{m^2},0102$ par kilowatt. Avec de la vapeur à la pression de 14 kg : cm² et surchauffée de 37°, et un vide au condenseur de 70^{mm}, la consommation spécifique sera d'environ $7^{kg},2$ de vapeur par kilowatt-heure à pleine charge, sans augmenter de beaucoup en surcharge. La vitesse angulaire sera de 750 tours : m. Les alternateurs accouplés à ces turbines seront du type usuel triphasé de la Société Westinghouse; ils seront à 4 pôles et enroulés de manière à pouvoir donner 6600 ou 11000 volts; à 6600 volts la fréquence sera de 25. Le rendement sera de 0,975 et ils pourront supporter une surcharge de 50 pour 100 pendant 3 heures sans élévation dangereuse de température.

La turbine Allis-Chalmers de 5500 kilowatts sera la première grande unité établie par cette société. Elle est du type à réaction horizontale et analogue

au type bien connu de Parsons. Une des particularités est le mode de fixation des aubes. Celles-ci, au lieu d'être fixées individuellement sur les roues et les couronnes fixes, sont d'abord insérées dans une bague montée ensuite très solidement sur les roues ou les couronnes. Un autre perfectionnement consiste en un disque plein, claveté sur l'arbre à l'extrémité des roues, qui empêche les vibrations de celles-ci, ce qui permet de réduire beaucoup l'espace libre entre les aubes fixes et mobiles. Le graissage se fait par circulation continue obtenue en marche normale par une pompe centrifuge mue par la turbine même, et à la mise en route par une petite pompe auxiliaire à vapeur. L'alternateur est construit avec un soin spécial de ventilation et est relié à l'arbre de la turbine par un couplage élastique. Le groupe complet mesure $14^{m},12$ de long; le diamètre de la turbine à l'extrémité des roues de basse pression est de $2^{m},65$; le sommet de l'alternateur, qui constitue le point le plus haut du groupe, est à $3^{m},45$ au-dessus du sol.

Dans le sous-sol se trouve, au-dessous de chaque turbine, un condenseur à surface de forme rectangulaire; celui du groupe de 5500 kilowatts présente

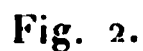
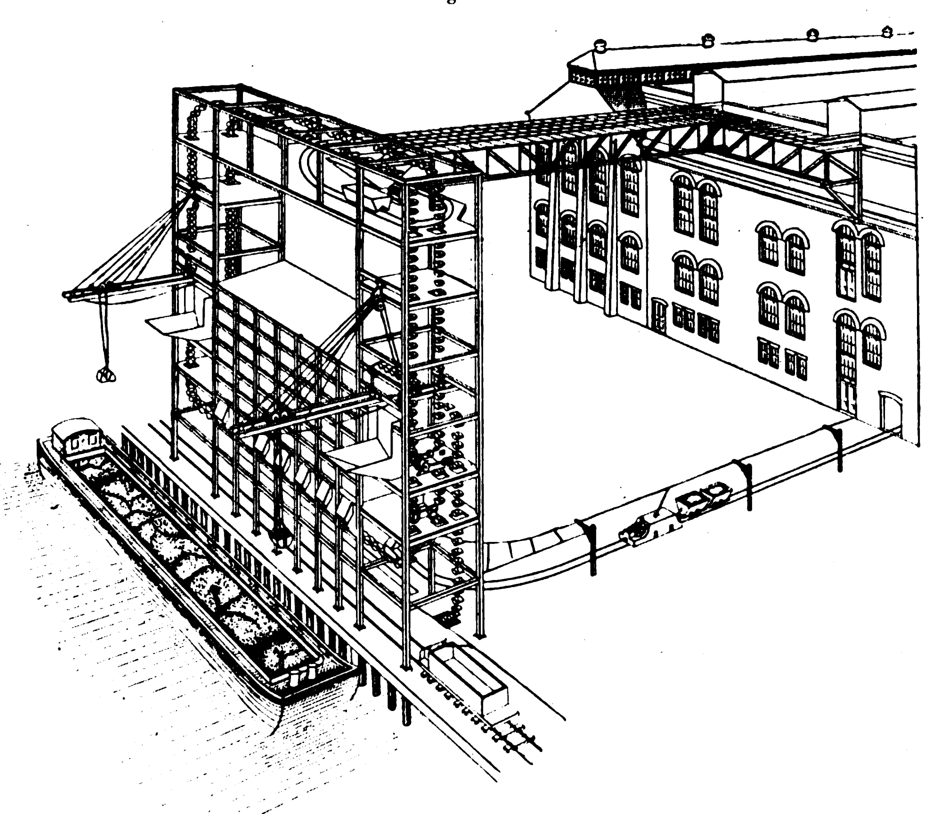


Fig. 2.



1980^{m^2} de surface et ceux des groupes de 7500 kilowatts ont 2250^{m^2} de surface. Ils sont constitués par des tubes sans soudures. L'eau de circulation est envoyée par des pompes accouplées directement à des moteurs verticaux compounds. L'aspiration est produite par une pompe centrifuge à 2 degrés et le vide par une pompe horizontale centrifuge.

Les appareils accessoires et les organes de distribution, tels qu'interrupteurs à huile, disjoncteurs, etc., quoique semblables dans leur ensemble à ceux employés dans les stations analogues, sont disposés d'une manière particulière. Ils occupent tout le fond de la salle des machines où se trouvent des galeries superposées atteignant le sommet du hall. Au rez-de-chaussée se trouvent les dynamos d'excitation, servant en même temps à l'éclairage; les appareils correspondants se trouvent dans la galerie du premier étage ainsi que les conduits renfermant les câbles à haute tension venant des alternateurs. La galerie du second étage contient les appareils reliant les alternateurs aux feeders à haute tension. La galerie du troisième étage, qui porte du côté intérieur un balcon, est occupée par le tableau de distribution proprement dit, c'est-à-dire par les appareils de manœuvre

et de mesure (ceux-ci desservis par des transformateurs logés en bout de la galerie). Les interrupteurs à huile se trouvent enfermés dans des chambres hermétiques situées au quatrième étage. Le cinquième étage, qui s'étend sur toute la superficie de la salle des machines, renferme une batterie d'accumulateurs de 2000 ampères-heures formant non pas tampon, mais réserve de sûreté en cas d'interruption momentanée de la station. Ch. J.

Les stations génératrices de traction. Mémoire présenté par BUSHNELL, à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, 30 sept. 1905).

On est arrivé à un type à peu près uniforme de stations génératrices en partant des principes suivants : simplicité d'installation, division de la station en portions semblables de façon à limiter le trouble résultant d'une avarie à un appareil quelconque, dispositions prises pour permettre les extensions futures.

Un des points les plus délicats est la détermination du nombre et de la puissance des unités. L'auteur cite l'exemple de deux stations de tramways ayant des conditions de trafic analogues. Dans l'une A on a trois unités dont on prend une seule pour la nuit et l'extrême matin; on en fait travailler deux pendant la plus grande partie de la journée et l'on met la troisième en marche pendant la pointe qui se produit un peu après 6^h du soir; on arrive ainsi à faire travailler toujours le matériel générateur dans le voisinage de la pleine charge. Dans l'usine B, au contraire, il y a deux unités dont l'une travaille la nuit et de bon matin à demi-charge environ; la deuxième unité est mise en marche pendant le reste du temps; mais sauf pendant la pointe, c'est-à-dire pendant presque toute la journée, la puissance totale demandée dépasse peu celle d'une unité. Il en résulte que le matériel entier travaille presque toujours dans le voisinage de la demi-charge seulement; ainsi s'expliquent les différences constatées dans la dépense de combustible qui est de $2^{kg},28$ par kilowatt-heure dans la station B et seulement de $1^{kg},71$ dans la station A. Trois unités est le chiffre minimum que doit comporter toute station petite ou grande.

Les turbines à vapeur sont de plus en plus employées dans les grandes stations parce qu'elles permettent de réaliser de grandes puissances, au moins aussi économiquement qu'avec des machines à piston et avec un encombrement bien plus réduit. Elles se prêtent particulièrement bien à la commande directe des alternateurs, dont l'usage se répand de plus en plus lorsqu'il s'agit d'alimenter un réseau étendu. Mais les turbines à vapeur exigent un excellent vide que l'on obtient sans difficulté avec des condenseurs à surface, comportant une pompe centrifuge, une pompe à piston à vide et une pompe à eau chaude, c'est-à-dire assez compliqués; il est probable toutefois qu'avec des joints soignés on pourrait faire usage d'appareils plus simples tels que des condenseurs à injection.

Il est reconnu maintenant que la surchauffe de la vapeur réduit notablement la consommation de vapeur, de 1 pour 100 environ par 4° à 6°C. aussi bien dans les turbines à vapeur que dans les machines à piston; mais la surchauffe elle-même est assez onéreuse à produire surtout aux très hautes températures, qui d'autre part peuvent détériorer les moteurs. Aussi l'avis général est que, pour obtenir un avantage réel, c'est-à-dire une économie non pas dans la vapeur, mais dans le charbon total brûlé à l'usine, il convient de se contenter d'une surchauffe modérée, par exemple ne dépassant pas 70°C.

On doit apporter la plus grande attention aux chaudières, de manière qu'il y ait une arrivée d'air suffisante, un bon mélange de cet air et du combustible et enfin une température de combustion suffisante; il faut donc que la chambre de combustion soit assez grande pour assurer un bon brassage et soit isolée des parties froides par des briques, de manière que la température puisse s'élever et assurer la combustion complète du charbon. Il faut des foyers spéciaux si l'on emploie des charbons bitumineux ou des lignites.

On considère souvent une basse température de sortie des gaz comme l'indice d'une bonne combustion; ce n'est pas toujours exact, car elle peut provenir aussi bien d'un afflux d'air trop grand. Le véritable moyen de se rendre compte de la combustion, moyen qui est d'ailleurs employé déjà dans quelques usines, consiste à faire l'analyse des gaz sortants en oxygène, oxyde de carbone et acide carbonique.

Le chargement automatique des grilles se répand de plus en plus dans les stations de tramways parce qu'il est d'autant plus avantageux que les chaudières sont plus grandes, chaudières qu'il ne serait plus guère possible d'alimenter à bras d'homme. L'économie de personnel compense l'amortissement et les réparations des appareils automatiques, dès que la puissance de la chaufferie dépasse 2000 chevaux environ.

Il est très utile d'avoir des enregistreurs relevant les consommations d'eau et de charbon, les températures d'entrée de l'eau et de sortie des gaz. Il est bon également de faire un essai complet de l'usine pendant une période de 18 ou 24 heures pour se rendre bien compte de la manière dont fonctionne chaque organe de la station.



Enfin l'organisation du travail et du personnel de l'usine a une grande inportance [1]. CH. J.

La réaction d'induit dans les commutatrices, par C.-J. FECHHEIMER et H.-A. BERTHOLD (*Electrical World,* t. XLVI, 7 octobre 1905, p. 611-612).

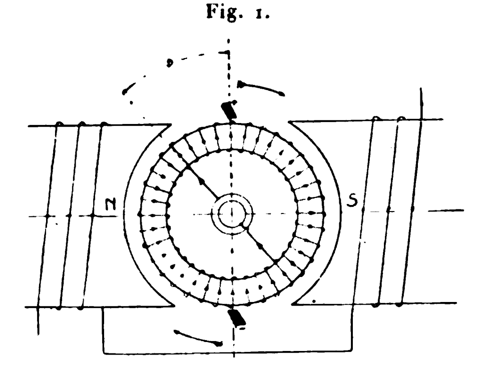
Si l'excitation d'une commutatrice est réglée de façon à donner au facteur de puissance sa valeur maxima; si, de plus, les pertes y sont négligeables, la réaction d'induit est absolument nulle. Ceci, bien entendu, dans l'hypothèse que la tension alternative appliquée est sinusoïdale et que la commutatrice n'est pas soumise à des oscillations périodiques. Ce fait, dont la démonstration mathématique a été donnée par Steinmetz, s'explique physiquement ainsi : dans un moteur synchrone travaillant à facteur de puissance maximum, les ampères-tours transversaux (qui existent seuls dans ces conditions) tendent à désaxer le champ dans le sens contraire à celui de la rotation, tandis que, dans une génératrice à courant continu dont les balais sont calés sur la ligne neutre, les ampères-tours transversaux tendent à désaxer le champ dans le sens de la rotation. Puisqu'une commutatrice est la combinaison d'un moteur synchrone et d'une génératrice à courant continu et puisque, dans le cas supposé (pertes négligeables), les ampères-tours résultants sont égaux et de signe contraire, ils se neutralisent réciproquement. Il n'y a donc pas de réaction d'induit.

Il est aujourd'hui de pratique courante d'insérer une réactance en série avec la machine du côté du courant alternatif et de faire varier le champ inducteur en faisant passer le courant continu engendré dans un enroulement inducteur en série. Avec ce système, le facteur de puissance varie dans de grandes proportions et l'on n'est plus dans les conditions supposées ci-dessus. Il est souvent utile alors de connaître les distorsions ou déplacements que subit le champ, ne serait-ce que pour caler les balais à courant continu dans la position convenable. Les auteurs donnent ici les résultats de recherches faites dans cette voie.

Les expériences ont consisté à construire les courbes de distribution du flux sur une commutatrice tétrapolaire, triphasée, de 7,5 kilowatts. Ces courbes étaient prises au moyen d'une bobine d'épreuve enroulée sur l'armature et dont la force électromotrice induite était équilibrée par la chute ohmique de tension dans une résistance au moyen d'un contact tournant produisant une fermeture instantanée du circuit au point voulu. Ces courbes ont été relevées en différents points des caractéristiques, à vide, au tiers, aux deux tiers de la charge et à pleine charge, le facteur de charge variant de 10 pour 100 (décalage en arrière) à 20 pour 100 (décalage en avant) et la tension alternative étant maintenue constante à 69 volts. Quelques-unes de ces courbes ont été reproduites ici.

Comme l'a montré M. le professeur Blondel dans sa Communication *Sur la réaction d'induit des alternateurs* au Congrès de Saint-Louis, la réaction d'induit peut être considérée comme la résultante d'une réaction directe produite par le courant déwatté, $I \sin \varphi$, et d'une réaction transversale produite par le courant watté, $I \cos \varphi$. Ceci s'applique bien entendu aux moteurs synchrones comme aux alternateurs, mais, dans une commutatrice, il y a quelque chose de particulier : si les ampères absorbés par les pertes de la machine sont négligés vis-à-vis du courant de charge et du courant déwatté, les ampères-tours wattés du courant alternatif sont égaux à tout instant à ceux du courant continu, puisque alors l'énergie fournie par le courant alternatif est égale à celle recueillie sous forme de courant continu. Donc, comme dans le cas du facteur de puissance égal à 1, les ampères-tours continus neutralisent les ampères-tours alter-

Fig. 1.



Commutatrice fonctionnant avec courant en avance d'un angle φ sur la force électromotrice.

natifs wattés, de sorte que la réaction transversale est réduite à zéro. La question est ainsi très simpli-

[1] Dans la discussion qui a suivi ce Rapport M. Winsor a appelé l'attention sur l'intérêt qu'il y a à réduire la dépense des appareils accessoires tels que les appareils d'alimentation.

M. MAILLOUX répond que sur le continent on emploie avec succès des pompes centrifuges à plusieurs étages, plus économiques que les petits chevaux ordinaires, et espère qu'elles seront bientôt introduites en Amérique.

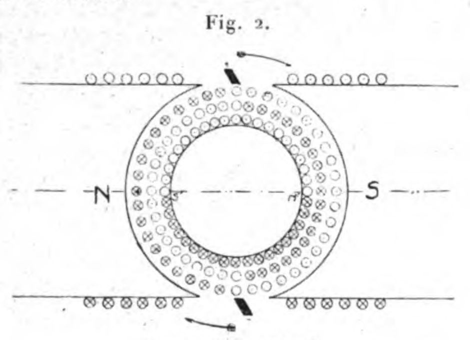
MM. MAILLOUX, NASH et WARREN déclarent que les difficultés de graissage causées par la surchauffe peuvent être aplanies beaucoup si l'on ajoute 1,5 à 2 pour 100 de graphite dans l'huile servant au graissage des moteurs à cylindres.

M. CRECELIUS fait remarquer que les turbines à vapeur n'ont pas besoin de tant de graissage que les machines à piston, et s'accommodent mieux, par suite, de la surchauffe.

fiée, puisqu'on n'a plus à tenir compte que des ampères-tours produisant la réaction directe, due à I sin φ.

On a l'habitude d'appeler *facteur de puissance* d'un moteur synchrone le cosinus de l'angle de décalage entre le courant dans l'induit et la tension aux bornes. Cependant, en raison de l'impédance de l'induit, l'angle ainsi défini n'est pas le même que l'angle entre le courant et la force électromotrice nécessaire pour surmonter la force contre-électromotrice engendrée. C'est le cosinus de ce dernier angle qu'on appelle ici le *facteur de puissance* du moteur.

Fig. 2.



Courant en retard.
Zone intérieure : I sin φ. Zone moyenne : I cos φ.
Zone extérieure : courant continu.

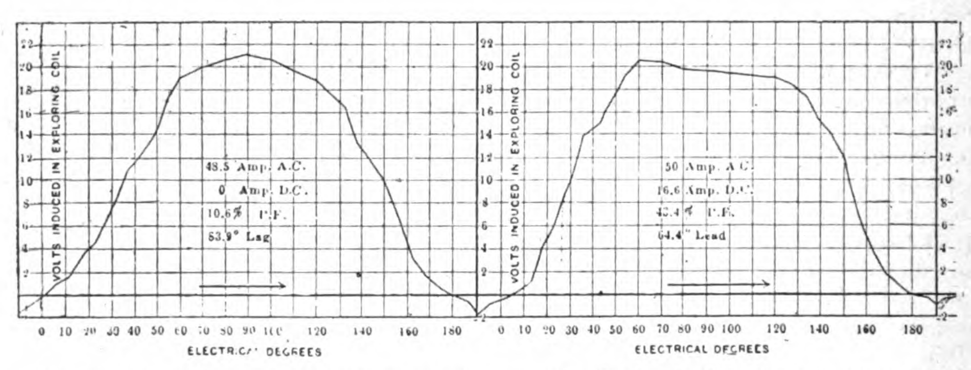
La figure 1 représente une commutatrice bipolaire monophasée (¹) au moment où le courant alternatif a sa valeur maxima; ce courant est ici en avance sur la force électromotrice. L'angle φ est celui qui définit par son cosinus le facteur de puissance. Dans la figure 2, les conducteurs induits ont été disposés schématiquement suivant trois zones : la zone interne est celle du courant déwatté I sin φ, la zone moyenne celle du courant watté I cos φ, la zone externe celle du courant continu I_c. On voit que, si $I \cos\varphi = I_c$, leurs forces magnétomotrices se neutralisent, de sorte qu'on n'a à considérer que l'effet du courant I sin φ, comme il a été dit plus

Fig. 3.

Distribution du flux dans une commutatrice fonctionnant avec courant en retard.

haut. Dans le cas d'un courant décalé en arrière, représenté par la figure 2, on voit que le flux produit par le courant I sin φ, qui donne naissance aux pôles S′ et N′, s'ajoute au flux inducteur. L'enroulement étant uniformément réparti, le maximum du flux est dans l'axe des courants, c'est-à-dire suivant la ligne du milieu des pôles inducteurs, comme l'indique la figure 3. Ce fait a été vérifié par l'expérience (*fig.* 4).

Fig. 4. Fig. 5.



Distribution du flux avec courant en retard.
A.C. = courant alternatif. D.C. = courant continu.
P.F. = facteur de puissance. Lag = retard.

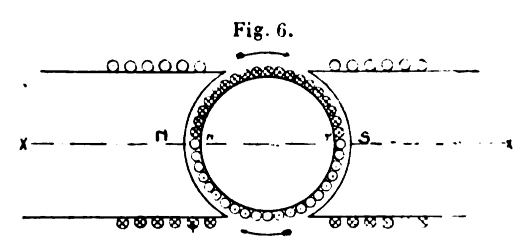
Distribution du flux avec courant en avance.
Lead = avance.

Les conducteurs représentés dans la figure 6 sont parcourus par le courant I sin φ, décalé cette fois en avant. Ici le flux induit s'oppose au flux inducteur et cette opposition a son effet maximum dans l'axe des courants, c'est-à-dire suivant la ligne des pôles. Le flux inducteur est donc minimum au milieu du pôle, maximum aux cornes polaires (*fig.* 7). La courbe de répartition du flux, obtenue par l'expérience, est représentée figure 5. Il a été très diffi-

(¹) Au point de vue du flux produit par l'armature, il n'y a pas de différence entre la commutatrice monophasée et la commutatrice polyphasée : dans l'une et dans l'autre, comme aussi dans les alternateurs et moteurs synchrones, le flux induit est fixe par rapport aux pôles inducteurs.

cile d'obtenir des résultats exacts dans ces conditions, aussi la courbe n'indique-t-elle pas très nettement que la répartition du flux est telle qu'on vient de le dire. Dans toutes ces courbes d'essais, l'induction paraît plus forte à la corne polaire d'en-

Fig. 6.

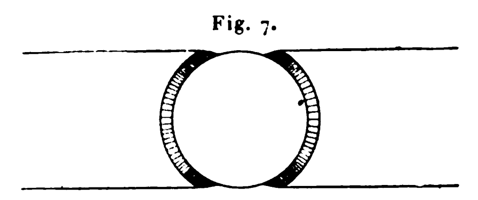


Conducteurs parcourus par le courant I sin φ (en avance).

trée qu'à celle de sortie : ceci provient, croit-on, de la réaction transversale du courant watté dû aux pertes, qui ne sont pas négligeables dans une machine aussi faible.

Les figures 2 et 6 montrent que le courant I sin φ ne peut nullement donner lieu à une induction plus forte dans une des cornes polaires que dans l'autre.

Fig. 7.



Distribution du flux dans une commutatrice fonctionnant avec courant en avance.

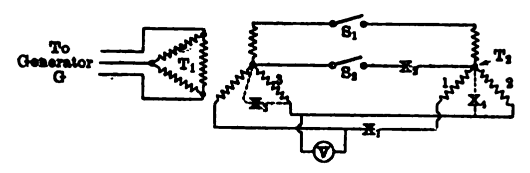
Il n'y a donc aucune distorsion du champ et, par suite, si les balais sont calés sur la ligne neutre ou avec une légère avance dans le sens de la rotation, la commutatrice fonctionnera sans étincelles, quels que soient la charge et le facteur de puissance. C'est ce que l'expérience a vérifié : des courbes de distribution du flux, relevées pour diverses conditions de fonctionnement, coupent toutes l'axe des abscisses à peu près au même point, c'est-à-dire que le plan neutre ne se déplace pas sous l'influence des variations du facteur de puissance.

On voit immédiatement que, si la commutatrice reçoit la puissance sous forme de courant continu, la distribution du flux est inverse de celle que l'on vient d'étudier : si le courant alternatif produit est, par exemple, en retard sur la force électromotrice induite, la distribution du flux est la même qu'avec un courant en avance dans le cas ordinaire.

Enfin, si la commutatrice est employée à produire de l'énergie mécanique, en même temps qu'elle fonctionne comme commutatrice proprement dite, il y a distorsion du flux, due aux ampères-tours transversaux, comme dans les moteurs à courant continu et alternomoteurs synchrones.

P. L.

Sur la forme des ondes de tension et d'intensité des transformateurs triphasés, par R.-C. Clinker (*Electrician*, t. LVI, p. 135, 10 nov. 1905). — On sait que la tension fournie par un alternateur triphasé ne contient pas d'harmonique du troisième ordre ou d'ordre multiple de 3; on sait aussi que les courbes représentant les variations de l'intensité dans les trois conducteurs d'une ligne triphasée à charge également répartie sur les trois phases ne peuvent non plus contenir les harmoniques, car autrement la somme des intensités instantanées ne serait pas nulle; enfin on sait que, si une tension sinusoïdale est appliquée aux bornes d'un transformateur, l'hystérésis du noyau donne naissance à un harmonique d'ordre 3. Il résulte de là que, si trois transformateurs sont montés en triangle sur une ligne triphasée,



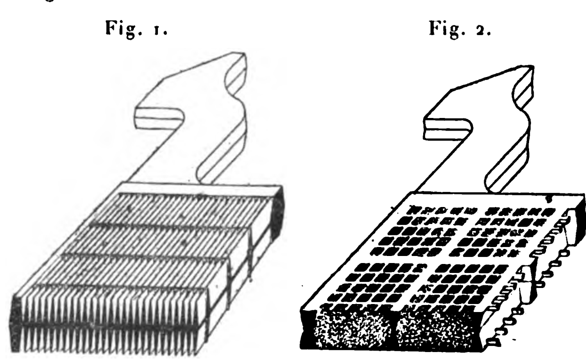
l'harmonique d'ordre 3 se rencontrera seulement dans les branches formant les côtés du triangle, puisqu'il ne peut exister sur la ligne. Si le montage est fait en étoile, la courbe du flux d'induction dans le noyau devra se modifier par réaction de manière à ne pas produire l'harmonique d'ordre 3 dans la courbe de courant, modification qui est équivalente à l'introduction de cet harmonique dans la tension aux bornes des transformateurs. Par conséquent, la courbe de la tension entre le point neutre et l'autre extrémité d'un transformateur faisant partie d'un système monté en triangle sera différente de celle de la tension entre deux conducteurs; en outre les pertes dans le noyau d'un transformateur doivent, pour une même tension efficace, être différentes suivant que ce transformateur est monté en triangle ou en série. Pour vérifier expérimentalement ces conséquences, l'auteur s'est servi du dispositif représenté par la figure; T_1 est un transformateur formé de trois transformateurs monophasés de 20 kilowatts dont les enroulements haute tension sont connectés en triangle tandis que les enroulements basse tension sont reliés en étoile; T_2 est un ensemble de trois transformateurs de 15 kilowatts dont les enroulements basse tension sont en étoile et les enroulements haute tension sont en circuit ouvert. Les courbes d'intensité et de tension étaient relevées avec un ondographe Hospitalier placé successivement en X_1, X_2, X_3, X_4. L'instrument étant placé en X_1 et, les interrupteurs S_1 et S_2 étant ouverts, les transformateurs restant en ligne se trouvaient alimentés par une seule phase et les courbes montraient très nettement la présence de l'harmonique 3; cet harmonique existait encore si les deux interrupteurs étaient fermés; mais, si l'on ouvrait l'interrupteur S_2 de manière à obtenir un système triphasé sans fil neutre, cet harmonique disparaissait et était remplacé par l'harmonique d'ordre 5. En plaçant l'ondographe en X_2 et fermant S_2 on obtenait une courbe sensiblement sinusoïdale mais de fréquence trois fois plus grande que la fréquence fondamentale : ce qui montre que le fil neutre sert uniquement à la circulation de l'harmonique d'ordre 3 développé dans les transformateurs. L'ondographe étant placé en X_3 et l'interrupteur S_2 étant ouvert, on avait une courbe sinusoïdale, c'est-à-dire de même forme que la tension appliquée au primaire et fournie par l'alternateur. La courbe obtenue dans la position X_4 montre au contraire

la présence de l'harmonique 3, avec augmentation de la valeur maximum de la tension. Pour évaluer la perte dans un transformateur l'auteur s'est servi d'un wattmètre dont la bobine à gros fil est intercalée sur l'une des phases et dont la bobine à fil fin est en dérivation entre cette phase et le point neutre du transformateur T_2. Il a trouvé ainsi que la perte est plus grande lorsque l'interrupteur S_2 est fermé que lorsqu'il est ouvert, c'est-à-dire plus grande quand la courbe de liaison aux bornes du transformateur contient l'harmonique 3 que lorsqu'elle est sensiblement sinusoïdale: ainsi cette perte est de 250 watts dans le premier cas et de 210 dans le second pour une tension efficace de 130 volts. Au point de vue pratique il est à remarquer que la distorsion de l'onde et par suite l'augmentation des pertes ne se produiront que si la connexion en étoile est utilisée à la fois pour le circuit primaire et pour le circuit secondaire; si la connexion est faite en triangle pour l'un quelconque de ces circuits, l'harmonique d'ordre 3 pourra circuler et la courbe de tension de chaque transformateur sera semblable à celle du générateur. H. P.

Les accumulateurs à l'Exposition de Liége

(*voir* précédents numéros, p. 230 et 266).

Accumulateurs de la Société Tudor, de Bruxelles. — La Société Tudor, de Bruxelles, exposait un assez grand nombre d'éléments stationnaires et transportables. Parmi les premiers on remarquait une série de types dont les capacités étaient comprises entre 30 et 600 ampères-heures; en outre, un gros élément avait une capacité de 4800 ampères-heures au régime de 10 heures. Tous ces éléments étaient montés soit avec bacs en verre, pour les petits modèles, soit avec bacs en bois doublé de plomb, pour les gros modèles.


Fig. 1. Fig. 2.

Comme éléments transportables, la Société Tudor présentait des éléments pour éclairage des trains employés sur le réseau de l'État belge.

La description des plaques Tudor est trop connue pour qu'il soit nécessaire de la refaire ici. La figure 1 montre d'ailleurs en perspective une portion de plaque positive; c'est une plaque à grande surface obtenue par coulée. La figure 2 indique clairement la constitution de la plaque négative qui comprend une grille double à barreaux triangulaires garnie de matière active.

Les plaques, qui portent des talons de suspension à la partie supérieure, reposent, par ces talons, sur des dalles de verre. Des tubes de verre assurent l'écartement des plaques qui sont réunies entre elles par soudure oxhydrique à des barrettes en plomb.

Dans un article [1] paru dans le *Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* nous trouvons les quelques renseignements suivants relatifs à l'usine située à Florival. La production en kilogrammes de plomb est passée de 21483^{kg} en 1889 à 594117^{kg} en 1904. A la fin de cette dernière année, il y avait en service, en Belgique, 567 batteries représentant 40821 éléments.

L'usine dispose d'une puissance hydraulique de 120 chevaux et d'une puissance de 50 chevaux fournie par une machine à vapeur. La salle de coulée des plaques comporte des fours spéciaux à plomb dans lesquels le métal est tenu à une température rigoureusement constante; des thermomètres enregistreurs servent à assurer cette constance. Les positives sont coulées en plomb doux dans des moules appropriés dont la construction est extrêmement délicate. Après ébarbage, les plaques passent dans une machine à sabler qui met le plomb à vif. Elles entrent ensuite dans les bacs de formation où elles sont traitées pendant environ un mois. Chaque jour on contrôle les progrès de la formation en prélevant une plaque dont on mesure la capacité. Après formation, les plaques sont mises au séchoir puis emmagasinées.

Les plaques négatives, coulées en plomb antimonieux, sont dirigées dans la salle de tartinage où une machine les remplit de matière active préalablement préparée dans des malaxeurs. Elles sont ensuite mises au séchoir et enfin emmagasinées.

L'usine possède encore une menuiserie où l'on fait les bacs, un atelier de plomberie où on les double intérieurement de plomb pur, un atelier de montage des éléments transportables et un atelier de mécanique où l'on construit notamment les moules.

Enfin, on trouve aussi un four à réverbère pour le traitement du vieux plomb, des déchets de fabrication, des oxydes de plomb, etc., ainsi qu'un four de raffinage.

Accumulateurs Fredet. — Les premières plaques Fredet [2] étaient des grilles empâtées, caractérisées soit par une enveloppe en toiles de plomb, soit par une cloison poreuse appliquée directement sur la matière active, dans le but d'en empêcher la chute.

[1] M. Laneau, *Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* t. XXII, octobre 1905, p. 698.

[2] Voir *L'Éclairage électrique,* t. XXXIII, p. 441; L. Jumau, *Les Accumulateurs électriques,* p. 637.



Plus récemment (¹), M. Fredet a abandonné l'enveloppe et la cloison poreuse et a pris un brevet (brevet français n° 328836 du 27 janvier 1903) sur l'emploi du sulfhydrate d'ammoniaque mélangé aux oxydes de plomb pour constituer la matière active. Ce sont des plaques ainsi fabriquées qui étaient exposées à Liége.

Les supports en plomb, destinés à recevoir la matière active, sont coulés sous pression. Ils comprennent une âme et des nervures, les unes verticales, les autres horizontales, qui, en se croisant, forment des alvéoles. Après la coulée, les plaques sont soumises à l'action d'une machine-outil spéciale qui soulève la partie superficielle des nervures en forme de griffes destinées à maintenir la matière active.

Cette dernière est obtenue en malaxant les oxydes de plomb avec une solution de sulfhydrate d'ammoniaque. Il se produit alors des réactions complexes donnant lieu à la formation de sulfures de plomb, de polysulfures et d'hyposulfite d'ammonium mélangés à de l'oxyde de plomb et à du sulfate de plomb résultant de l'action oxydante de l'air pendant le séchage.

Après malaxage, la pâte encore humide est introduite dans les alvéoles des plaques. Elle fait prise en séchant lentement.

Quand les plaques sont immergées dans l'acide sulfurique étendu, il y a précipitation de soufre à l'état très divisé qui cimente la matière active. D'après le brevet, le sulfure de plomb de la positive se transforme, pendant la charge, en sulfate de plomb qui préserve de l'oxydation trop énergique la plaque positive. A la décharge, la sulfatation de la négative ne serait plus à craindre parce qu'il se formerait à la surface de la matière une couche préservatrice de sulfure de plomb due au transport des anions sulfurés.

Dans ces conditions, l'emploi d'un acide relativement concentré serait sans danger.

L'emploi du sulfhydrate d'ammoniaque permettrait d'introduire dans la plaque un poids de matière active supérieur au poids donné par les empâtages ordinaires (ceux-ci donneraient 20 à 35 pour 100 en moins).

A Liége, M. Fredet exposait des plaques, positives et négatives, de 60 ampères-heures, dans les différentes phases de la fabrication : après coulée, après façonnage mécanique, après empâtage. On remarquait aussi des plaques d'automobiles, ainsi qu'un élément stationnaire de 360 ampères-heures et un élément d'automobile de 140 ampères-heures.

T. PAUSERT.

(¹) Voir *L'Éclairage électrique*, t. XXXVII, 30 octobre 1903, p. 9.

L'accumulateur nickel-fer, système Edison, par U. SCHOOP. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 769, 1905. — *Centralblatt für Accumulatoren*, t. VI, p. 212, 1er septembre 1905.)

L'auteur rend compte d'essais qu'il a effectués sur un élément Edison qui lui est parvenu en février 1905 et portait sur le couvercle la marque E_{18}3067. Les dimensions étaient : hauteur 310^{mm}, largeur 65^{mm}, longueur 127^{mm}. Le poids était de $4^{kg},5$ sans électrolyte, et de $5^{kg},45$ avec l'électrolyte de densité 1,200. Il y avait 12 électrodes-nickel et 6 électrodes-fer de dimensions $235^{mm} \times 120^{mm}$. Une électrode-nickel pesait 160^{g}, et une électrode-fer 164^{g}. La hauteur totale de l'élément complet était 340^{mm}.

Le vase est en tôle d'acier de $0^{mm},4$ d'épaisseur, nickelée intérieurement et extérieurement. Il possède des ondulations horizontales interrompues aux arêtes et est fabriqué par soudure électrique. A l'exception du couvercle, le vase entier est recouvert d'un vernis, moins pour l'isoler que pour éviter le rayonnement calorifique.

Extérieurement les nouvelles électrodes-nickel ne diffèrent pas comme aspect, au début, des électrodes-fer. Après quelque temps de service cependant, ces dernières deviennent brunâtres, tandis que les électrodes-nickel restent polies. L'augmentation de conductibilité de la matière négative ne se fait plus comme précédemment par addition soit de graphite, soit de cuivre et de mercure, mais uniquement par du mercure dont on peut voir à la loupe les globules brillants. La briquette-fer complète pèse $7^{g},053$, dont $5^{g},136$ de matière et $1^{g},917$ de cuvettes. Le poids spécifique de la briquette complète est 4,874, celui de la matière seule, 4,304. La matière renferme 20 pour 100 de mercure et 73,9 pour 100 de fer aux deux états FeO (63,64 pour 100) et Fe^2O^3 (36,86 pour 100). A l'état déchargé, la matière active peut donc être représentée par la formule $4FeO, Fe^2O^3$. Le poids total de matière active d'une électrode-fer de 24 briquettes est 123^{g}, qui correspondent à 89^{g} de fer et à 20^{g} de mercure. Ces 89^{g} de fer passant à l'état d'oxydation FeO doivent donner théoriquement 84,5 ampères-heures. En pratique, à la décharge en 5 heures, on n'obtient que 32 ampères-heures, d'où l'on déduit pour le coefficient d'utilisation la valeur 27 pour 100.

Les plaques sont isolées dans l'élément par des baguettes verticales en ébonite. Les électrodes sont réunies par des boulons en acier nickelé passant dans des trous percés dans les queues d'électrodes; le serrage se fait à l'aide d'écrous.

Les nombreuses expériences faites par l'auteur sur ce type d'élément ont relevé les faits suivants :

Malgré l'addition fréquente d'eau, la densité de l'électrolyte n'a pas varié en 40 jours (35 charges et décharges). En remplaçant la lessive par de la gélatine alcaline, la capacité baisse de 30 à 40 pour 100.

En charge à 40 ampères, la tension monte rapidement de 1,50 à 1,72 volt, baisse lentement à 1,70 pour remonter à 1,80 volt dans le deuxième tiers de la charge, et atteindre 1,86 volt après surcharge. A circuit ouvert, après quelques heures, la force électromotrice reste constante à 1,5 volt. Si l'on fait débiter une très faible capacité, la force électromotrice ne revient qu'à 1,42 volt, ce qui est dû à l'électrode-nickel.

Au début de la décharge à 40 ampères, la tension baisse très rapidement de 1,5 à 1,3 volt, puis plus lentement ensuite jusqu'à 1,15 et, après décharge de 135 ampères-heures, elle tombe brusquement à 0,65 volt et se maintient ainsi quelque temps. La durée de cette deuxième partie atteint en moyenne le dixième de la décharge totale. La chute est d'autant plus accentuée que la décharge est plus lente.

Normalement, la capacité des 6 électrodes-fer est plus élevée que celle des 12 électrodes-nickel, de sorte que la capacité résultante de l'élément est limitée par les électrodes-nickel. A 10 ampères on recueille 191 watts-heures et, à 80 ampères, 156 watts-heures, soit une baisse de 17 pour 100. Les tensions moyennes correspondantes sont 1,32 et 1,145 volt, soit une baisse de 13,2 pour 100. Le Tableau suivant indique quelques résultats obtenus, sans tenir compte du rendement et la décharge étant arrêtée à 1 volt.

Intensité de décharge en amp.	Capacité en amp.-h.	Tension moy. en volt.	Amp.-h. par kilogr. d'élément.	Watts-h. par kilogr. d'élément.
80	133	1,145	24,10	27,59
50	144	1,220	26,18	31,93
40	138,7	1,242	25,20	31,29
30	144	1,262	26,18	33,00
20	128,7	1,290	23,40	30,18
10	145	1,320	26,36	34,79

Ces valeurs baissent avec la température. Tandis que pour la décharge à 50 ampères faite à 32°-33° C. (la température initiale du liquide étant la température ambiante 18° à 19° C., celle-ci monte à 42°-46° C. pendant la décharge) et donnant 1,22 volt en moyenne, la chute brusque de tension ne se produit qu'après 130 ampères-heures de débit, à faible température (5° C.), une première chute a lieu après 25 ampères-heures, suivie bientôt d'une deuxième chute à zéro. Jusqu'à 1 volt, la capacité obtenue n'est que 12 ampères-heures au lieu de 144 ampères-heures. Le rendement est plus mauvais à température basse. Aussi la couche de vernis noir agit-elle très efficacement. Avec un électrolyte très chaud cependant il y a dégagement gazeux à l'état de repos; l'analyse montrant qu'on se trouve en présence du gaz tonnant pur, on en conclut que l'action locale se produit aux deux plaques.

En étudiant séparément les électrodes, on constate que l'électrode-nickel ne varie ni comme capacité ni comme tension avec la température. L'électrode-fer qui a une capacité de 25 ampères-heures (pour une intensité de 5 ampères) à la température de 35° C., n'a plus que la moitié de cette capacité à la température de 17° C. Ce fait peut être expliqué par la dilution de l'électrolyte qui se produit à l'électrode négative en décharge. On peut se demander pour quelle raison ce même phénomène ne fait pas baisser la capacité aux décharges rapides. C'est qu'on a affaire ici à une épaisseur faible de briquette (1mm,5). Si au lieu de cela on prend des briquettes de 4mm à 6mm d'épaisseur, on constate une variation de la capacité en fonction de l'intensité ainsi qu'un relèvement de la force électromotrice après interruption de la décharge.

La force électromotrice initiale élevée, 1,5 volt, est causée par l'électrode-nickel sur laquelle se forme sans doute une combinaison très oxydée et peu stable du nickel et une occlusion d'oxygène.

Les plaques essayées séparément ici étaient d'un ancien type (type D) plus lourd et de moindre capacité que le type E.

A égalité de capacité, la résistance intérieure de l'accumulateur Edison est plus faible que celle de l'élément au plomb et presque indépendante de l'intensité de décharge. A 25° C. et pour les intensités 10 et 80 ampères on a trouvé ici une valeur moyenne de 0,002 ohm pour le premier quart de la décharge. Pour les décharges rapides, on constate une importante augmentation de résistance intérieure vers la fin de la décharge. Cette augmentation provient de la moindre conductibilité de la lessive qui est partagée en trois couches d'inégale concentration et d'inégale conductibilité : celle du liquide entre les plaques de concentration restant constante, celle imprégnant l'électrode-fer, de concentration plus faible, et celle imprégnant l'électrode-nickel, de concentration plus élevée. La température de l'électrolyte est également différente dans les différentes couches. C'est aux perforations que cette température est le plus élevée.

Quoique la concentration moyenne de la lessive ne varie pas, l'existence de couches d'inégale concentration donne lieu à une variation de la conductibilité.

La résistance à l'électrode négative est, comme pour l'accumulateur au plomb, beaucoup plus grande qu'à l'électrode positive. Au début de la décharge à 80 ampères, la résistance intérieure est de 0,0014 ohm; elle atteint 0,002 ohm en 15 minutes et monte à 0,0056 ohm à la fin de la décharge au moment du crochet. Pendant la charge, la résistance intérieure moyenne est un peu plus faible malgré le dégagement gazeux abondant. La résistance de l'électrode-nickel varie extrêmement peu, pendant que celle de l'électrode-fer augmente rapidement avec les décharges de rapidité croissante. La matière active fer conduit mal, même après amalgamation ou addition de graphite.

Entre 0 et 60, pour une solution de potasse à 18 pour 100, le coefficient de température trouvé a été de + 0,0035.

Les rendements obtenus au régime de 40 ampères sont donnés par le Tableau suivant :

Charge.		Décharge.		Rendements.	
Amp.-h.	Watts-h.	Amp.-h.	Watts-h.	Amp.-h.	Watts-h.
258	425	143	177	0,555	0,400
212	375	141	175	0,666	0,467
186	323	138	171	0,740	0,530
164	315	135	167	0,791	0,560

Comme on le voit, la capacité maximum n'est obtenue que grâce à une forte surcharge et, par suite, avec un mauvais rendement.

Après une cinquantaine de décharges, l'auteur n'a pas constaté de diminution de capacité. L'élément ne souffre pas des mauvais traitements qu'on lui fait subir (courts-circuits, longs repos à l'état déchargé, inversions) et il suffit d'une surcharge pour le remettre en état, tant que l'électrolyte reste de grande pureté. Si l'électrode-fer reste à l'air à l'état chargé, elle s'oxyde en s'échauffant et sa régénération devient très difficile.

Comparant une batterie Edison type E_{18} à une batterie d'éléments au plomb, à égalité de tension et d'énergie, l'auteur arrive à cette conclusion que la première est un peu moins encombrante que la seconde et ne nécessite que $14^{cm^3},3$ par watt-heure au lieu de 16. L. J.



Électrode négative pour accumulateur électrique à électrolyte alcalin. THOMAS ALVA EDISON (Brevet allemand 163342, du 7 janvier 1903, *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 240, 15 octobre 1905). — Comme électrode négative on emploie ici l'oxyde de cobalt additionné de mercure seul ou en combinaison avec l'argent ou le cuivre. La matière active est chère à cause du prix élevé du cobalt; cependant elle présente certains avantages sur les électrodes connues. Le cobalt n'a pas tendance, en effet, à former des sels solubles dans l'électrolyte, comme il arrive avec le zinc, le cuivre et l'argent. Il partage d'ailleurs cette propriété avec le fer et le cadmium; mais il possède sur ceux-ci l'avantage d'une plus grande légèreté et d'un plus haut degré d'oxydation. Le fer possède, il est vrai, ce dernier avantage d'une façon plus marquée, mais pour obtenir une électrode-fer utilisable, il faut faire subir aux combinaisons oxygénées de ce métal un long traitement de réduction par l'hydrogène. Le cobalt, au contraire, peut être employé directement à l'état d'oxyde ou d'oxydule. L'oxydule de fer facilement réductible électrolytiquement a l'inconvénient d'être pyrophorique. Pour préparer l'électrode négative, on opère comme suit : on prépare d'abord l'oxalate de cobalt sec; on l'enflamme et on le laisse à l'air à basse température jusqu'à ce qu'il soit entièrement décomposé en oxyde anhydre; cet oxyde est alors mélangé à 15 pour 100 d'oxyde de mercure précipité, ou à 25 pour 100 de cuivre métallique finement divisé et 6 pour 100 d'oxyde de mercure précipité. L'argent peut être employé à la place du cuivre, mais il est trop cher. Le mélange très intime est moulé en briquettes qui sont introduites dans des poches nickelées et perforées.

En présence de positives-nickel, dans la potasse à 20 pour 100, on obtient un couple qui après plusieurs charges et décharges donne à la décharge une tension moyenne aux bornes égale à 1,10 volt.

Pendant la charge, l'hydroxyde de nickel prend son degré d'oxydation le plus élevé pendant qu'à la négative le cobalt est réduit à l'état métallique. Comme le cobalt est beaucoup plus facilement oxydable que le mercure, le cuivre ou l'argent, ces derniers métaux restent à l'état métallique pendant la décharge. On peut également employer, à la place des métaux ajoutés, du graphite à l'état d'écailles, par exemple. L. J.

Sur le travail mécanique fourni par les moulins à vent, par RINGELMANN (*Comptes rendus*, t. CXLI, p. 688, 30 oct.). — L'auteur a déterminé les coefficients qui relient la puissance utilisable à la vitesse du vent qui actionne le moulin. Les essais ont été faits, pendant deux ans, sur un moulin de $3^m,60$ de diamètre, à 72 ailes de $1^m,30$ de longueur ayant une surface de voilure de $9^{m^2},39$. Le moulin était abandonné à lui-même par tous les temps; il actionnait une pompe. Des enregistreurs automatiques notaient à chaque instant la vitesse du vent et le nombre de tours de la roue. On a constaté que le moulin travaille régulièrement pour des vents dont la vitesse est comprise entre 4 et 10 m : sec; lorsque la vitesse du vent dépasse 10 m : sec, le moulin fuit automatiquement la tempête et s'arrête. La vitesse v d'un point de la circonférence de la roue est très sensiblement proportionnelle à la vitesse V du vent; si l'on pose en effet $v = nV$, on trouve que n est compris entre 0,75 et 0,88. D'autre part, si l'on pose $P = KAV^2$, P désignant la puissance utilisée et exprimée en kgm : sec, A l'aire exprimée en m² de la projection de la voilure sur un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, l'on constate que K diminue à mesure que la vitesse V du vent augmente : cette dernière vitesse variant de 4 à 10 m : sec, K varie de 0,0198 à 0,0030. Cette diminution tient à ce que le travail développé par le moulin par tour de roue était constant (43^{kgm}) par suite de la nature même du travail qu'il accomplissait. Le rendement mécanique du moulin, de la transmission était de 0,341.

Les gros moteurs à gaz. Mémoire présenté par WEST à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American street Railway Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 592 à 594, 30 sept. 1905). — Le reproche d'irrégularité dans le couple moteur que l'on faisait aux moteurs à gaz du début, à un seul cylindre, a disparu dans les types modernes à plusieurs cylindres. — On a reproché aussi aux moteurs à gaz d'avoir des cylindres inaccessibles. Ce n'est généralement plus le cas; dans les moteurs construits par la Compagnie Westinghouse, par exemple, un large espace est ménagé entre les cylindres; les valves d'admission et de décharge ne sont pas logées à la tête mais dans le corps du cylindre et au-dessus du plancher; un tel moteur à gaz est aussi accessible qu'une machine Corliss compound tandem, ou une machine Corliss accouplée à un condenseur. — Des essais faits en Allemagne et d'autres effectués en Amérique ont montré que les moteurs à gaz se prêtent bien au couplage en parallèle des alternateurs. Aussi est-il probable que les gros moteurs à gaz, qui commencent à être très employés en Europe, ne tarderont pas à se répandre en Amérique sous des formes adaptées aux conditions américaines d'exploitation. — Les moteurs à gaz ne sont pas, il est vrai, susceptibles d'une surcharge comparable à celle des turbines à vapeur. — Le rendement des moteurs utilisant un cycle à 4 temps est supérieur à celui des moteurs à 2 temps; 85 pour 100 de la puissance indiquée au lieu de 60 pour 100. — Le rendement thermodynamique des moteurs à gaz peut être évalué à 25 pour 100, quoiqu'on ait atteint 30 pour 100 dans certains cas.

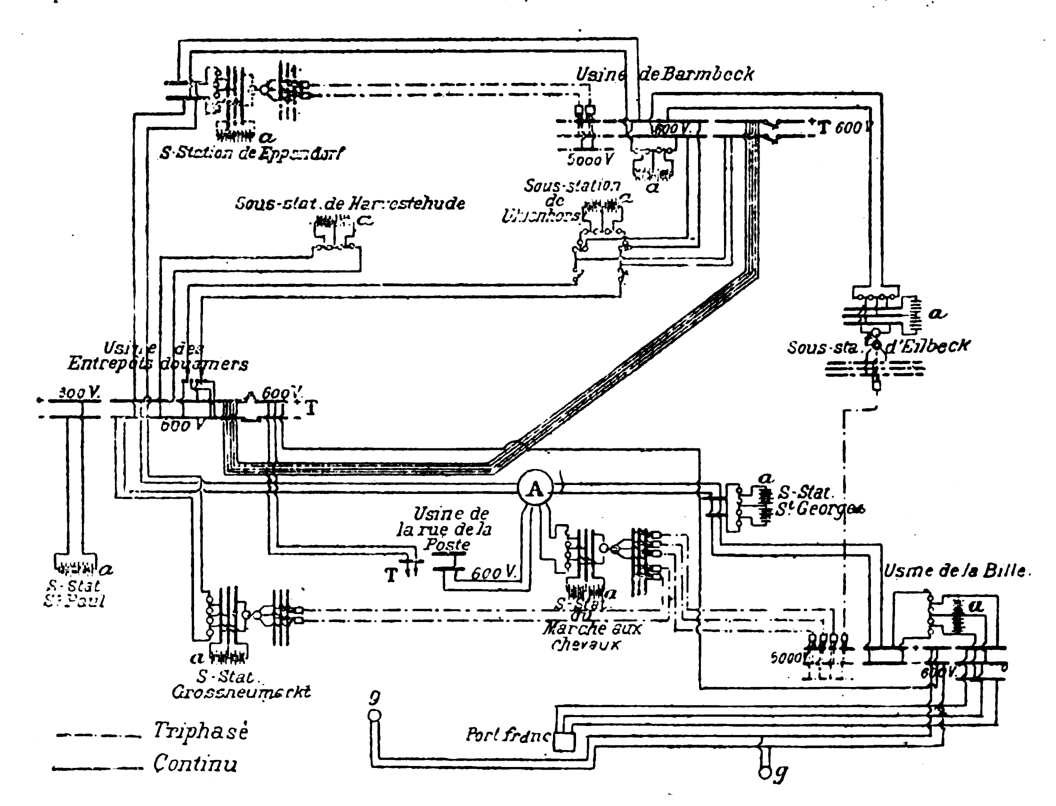
Application des moteurs à gaz aux installations de traction électrique. Mémoire présenté par RIBBINS à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American street Railway Association (*Street Railway Journal*, t. XXVI, p. 595 à 604, 30 sept. 1905). — Le moteur à gaz convient parfaitement pour les stations de traction électrique; mais, en raison de son faible pouvoir de surcharge, il demande à travailler avec des accumulateurs qui auront l'avantage de régulariser la charge à tout moment. Dans des essais effectués par le Gouvernement à Saint-Louis, on obtint le kilowatt-heure avec à peine 1^{kg} de charbon moyen bitumineux dans un moteur à gaz, tandis qu'avec la vapeur il fallut $2^{kg},5$ de charbon; des essais effectués en Angleterre ont donné les mêmes résultats, d'après l'auteur. Les dépenses de personnel sont du même ordre dans les deux cas. Quant aux frais de réparation (l'auteur ne parle pas de l'amortissement) ils ont été trouvés égaux à $0^{fr},57$ par cheval-an ou $0^{fr},0006$ par kilowatt-heure dans une usine de Bradford, Pa., où des moteurs à gaz sont en marche depuis 6 ans. — L'auteur en conclut que le moteur à gaz convient à présent pour n'importe quel travail et, en particulier, pour la production de l'énergie des tramways, parce qu'il est aussi sûr et plus économique que les installations à vapeur.

BREVETS RÉCENTS.

Accumulateurs : ASKEW. USAP. 800619, 24 août 1900. — AUBRY. BF. 356484, 13 juillet 1905 (perfectionnements aux électrodes en charbons et autres). — BIJUR. DRP. 165232, 28 oct. 1903. — BOUTROY. BF. 355204, 14 juin 1905. — EDISON. USAP. 797845, 21 juillet 1904. — FULLER. BF. 355478, 23 juin 1905. — GARDINER. BF. 356396, 25 juillet 1905; USAP. 800128 et 800638, 22 août et 11 juin 1904. — KITSEE. BF. 355839, 3 juillet 1905. — KNIGHT. USAP. 798906, 16 nov. 1904. — PETIT. BF. 356156, 13 juillet 1905 (plaques galvaniques pour moulage mécanique). — RICKS. BF. 355745, 29 juin 1905 (plaque électrode pour accumulateurs électriques avec dispositions pour l'élimination des gaz).

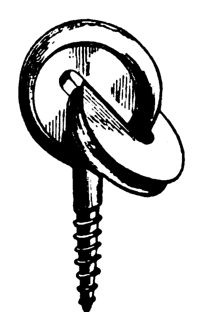
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Le réseau de distribution de Hambourg (*Génie civil*, t. XLVII, p. 409, 21 oct. 1905, d'après *Zeits. der Ver. deutsch. Ing.*, août-sept.-oct.). — Ce réseau, dont le développement rapide a donné lieu à d'intéressants remaniements, comprend aujourd'hui 4 usines génératrices et 8 sous-stations; il comprend deux canalisations à courant continu. l'une à 600 volts pour les tramways et la force motrice, l'autre à 110 volts ou 2 × 110 volts pour l'éclairage public et privé; des lignes triphasées à 5000 volts relient certaines usines à diverses sous-stations (*voir* schéma ci-joint).



L'usine la plus ancienne est celle de la rue de la Poste; son matériel a été renouvelé en 1897 et comprend aujourd'hui 6 dynamos donnant 260 volts à 350 volts et 2 batteries d'accumulateurs de 170 éléments et d'une capacité de 3000 ampères-heures. L'usine des Entrepôts douaniers, construite en 1896, contient 7 groupes électrogènes tous actionnés par des moteurs verticaux à triple expansion de 1200 chevaux; les deux plus récents comprennent chacun une dynamo de 800 kw à 600 volts; trois autres, chacun 2 dynamos de 400 kw à 600 volts; enfin les deux autres, 2 dynamos de 400 kw à 300 volts qui servent uniquement pour le réseau d'éclairage; elle contient en outre deux batteries d'éclairage de 140 éléments de 2400 ampères-heures de capacité et une batterie-tampon pour le réseau de traction de 1600 ampères-heures. L'usine de Barmbeck, mise en service en 1899, comprend actuellement 3 groupes de 1200 chevaux donnant du courant continu à 600 volts; un groupe de 2500 chevaux est en installation et deux autres de même puissance sont prévus; enfin une batterie de 4500 ampères-heures. L'usine de la Bille renferme trois groupes de 2500 chevaux à courant continu 600 volts, deux groupes de même puissance à courants triphasés 5000 volts et deux batteries d'accumulateurs. Les sous-stations de transformation renferment toutes une batterie-tampon reliée au réseau de distribution secondaire d'éclairage à 2 × 110 volts; cette batterie est chargée, soit directement par les feeders à 300 volts, soit, le plus souvent, par des groupes moteurs-générateurs alimentés par les courants alternatifs.

Poulie Graham pour appareillage (*Engineering*, t. LXXX, p. 617, 10 nov. 1905). — Comme l'indique la figure la poulie a pour axe un anneau à vis et se trouve maintenue par un disque échancré remplissant le vide de l'anneau. Le disque pouvant tourner à l'intérieur de l'anneau, le plan de la poulie peut occuper toutes les positions possibles dans l'espace L'anneau à vis est en acier doux; le disque et la poulie sont en laiton; le tout est nickelé. — Cette poulie peut évidemment rendre des services dans l'appareillage électrique, en particulier pour la suspension des lampes; elle est due à M. James Graham, de Manchester.



BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : ALLGEMEINE ELEKTRICITATS GESELLSCHAFT. BP. 23205, 1904. — ATKINSON. BP. 25903, 1904. — BERRY. BP. 19749 et 22164, 1904. — BOULT. BP. 2014, 1905. — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 24180, 24181, 26588 et 27211, 1904. — HILLIARD. BP. 8571, 1905. — KOWSKY. BF. 357558, 8 sept. 1905. — KRUYSWIJK. BP. 18087, 1904. — LAMME. BP. 12418, 1904. — THOMSON-HOUSTON (BRITISH CY), MEYER et HOPPE. BP. 25631, 1904.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

L'électricité à bord des navires de guerre, par M. MAUGAS (Conférence faite le 6 décembre 1905 à la Société internationale des Electriciens). — M. Maugas esquisse d'abord l'historique de la question. La première application de l'électricité aux navires a été la mise en feu des torpilles sous-marines. La seconde application a été celle aux projecteurs. L'éclairage électrique des navires est venu ensuite et en 1880 une première installation de bougies Jablochkoff était faite sur le navire *Amiral-Duperré*. Avec l'apparition des lampes à incandescence, cet éclairage se transforma et en 1883 les premières lampes Edison et Swan étaient mises en service. Depuis 1887, tous les bâtiments construits possèdent l'éclairage électrique. Le premier moteur électrique fit son apparition en 1887 sur un canot figurant à l'Exposition du Havre: vint ensuite le moteur électrique qui actionna le premier sous-marin *Gymnote*. Depuis, les moteurs électriques ont été successivement employés pour actionner les ventilateurs, pour hisser les munitions et enfin, comme application plus importante encore, pour le service des grosses tourelles. Toutes ces différentes applications de l'électricité ont pris actuellement une importance telle que certains gros navires possèdent 4 machines dynamos de 100 à 150 kilowatts. Il faut signaler aussi comme dernière application les transmetteurs d'ordre qui sont des télégraphes.

En ce qui concerne tous les différents services auxiliaires, non seulement le moteur électrique est plus avantageux que le moteur à vapeur au point de vue militaire, mais encore il est plus économique et rend bien meilleures les conditions d'habitabilité. De plus la commande à distance en est extrêmement simple contrairement à la commande à distance des moteurs à vapeur.

Le conférencier passe ensuite en revue chaque application particulière, accompagnant chacune d'elles de projections. Le ventilateur électrique est plus simple et plus léger que le ventilateur à vapeur. Appliqué aux pompes centrifuges, le moteur électrique présente un volume et un poids moindres que le moteur à vapeur. Pour les treuils (hissage des munitions, des escarbilles, etc.), on trouve les mêmes avantages. Il n'y a guère que pour la manœuvre des tourelles que le moteur électrique soit moins avantageux que le moteur à vapeur et donne un plus mauvais rendement. C'est qu'il s'agit ici de très grosses masses que l'on doit déplacer très rapidement et arrêter de même. Sur les navires, il ne reste actuellement à vapeur que les moteurs de gouvernail, de hissage des embarcations et de cabestan.

Comme moteur de propulsion, le moteur électrique est employé à bord des sous-marins et l'on peut dire que lui seul a rendu possible jusqu'ici la construction des sous-marins. L'inconvénient que l'on peut reprocher à l'ensemble formé par la batterie d'accumulateurs et le moteur électrique est de ne donner qu'un faible rayon d'action. On y remédie en ajoutant à cet ensemble un moteur (vapeur ou pétrole) pour la marche à la surface.

Passant à la question de la forme du courant, M. Maugas indique pour quelles raisons la Marine adopte exclusivement le courant continu. En premier lieu, les hautes tensions, qui rendent avantageux le courant alternatif, ne sont pas nécessaires sur les bateaux où les distances sont faibles. D'ailleurs les hautes tensions ne pourraient pas être installées à bord à cause des conditions très mauvaises dans lesquelles on se trouve au point de vue de l'isolement. La température élevée, l'air humide et salin s'opposent en pratique à l'emploi de tensions supérieures à 300 volts. En outre, les canalisations à courant alternatif (triphasé, par exemple) sont plus compliquées que celles à courant continu, ce qui a une très grosse importance sur les navires. Appliqués à la manœuvre de gros appareils où les démarrages et les arrêts sont très brusques, les moteurs à courant continu sont plus avantageux que ceux à courant alternatif. Les projecteurs à courant continu sont également supérieurs à ceux à courant alternatif.

La tension de distribution employée au début était celle de 70 volts. En 1890, on la fit passer à 80 volts. Mais, à cette époque, les projecteurs représentaient la moitié de la consommation totale. Depuis l'introduction des moteurs électriques, on a définitivement adopté la tension 120 volts sur tous les navires. Les marines étrangères emploient toutes d'ailleurs une tension très voisine, comprise entre 105 et 120 volts.

Parlant des conditions de réception, M. Maugas explique pourquoi la Marine impose des conditions plus dures que l'industrie. En premier lieu, le manque de place exige des appareils spéciaux plus groupés que ceux construits ordinairement pour les applications à poste fixe. En ce qui concerne les isolements, la Marine doit être très sévère à cause des mauvaises conditions à bord (température élevée, humidité). Il n'est pas rare de voir la température s'élever à 40° à 45° C.; aussi faut-il tenir compte de ce fait dans le calcul de la puissance des moteurs.

Un dernier point sur lequel M. Maugas appelle l'attention des constructeurs est celui de la grande diversité des modèles. La Marine faisant appel à la concurrence, il en résulte qu'un même navire possède des fournitures de différents constructeurs. Les accessoires de rechange, tous différents, deviennent si nombreux qu'il en résulte une gêne considérable pour la Marine. Aussi cette dernière désire-t-elle ardemment qu'une entente entre les constructeurs fasse cesser cet état de choses. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : DEGISORS et SCHMITT. BF. 355578, 24 juin 1905 (moteur électrique). — DUBOIS. USAP. 798326, 23 déc. 1903 (protecteur pour bobines de champ). — LAMME. BF. 355330, 17 juin 1905 (montage pour l'alimentation des moteurs) — LATOUR. BF. 355686 et 355687, 28 juin 1905 (perfectionnement au moteur série monophasé à collecteur). — THOMSON-HOUSTON (SOCIÉTÉ). BF. 355732 et 356149, 26 juin et 13 juillet 1905 (moteur à courant alternatif et moteur à plusieurs vitesses). — ***Démarrage et Régulation :*** ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. BF. 356200, 18 juillet 1905 (mode de réglage des moteurs à courants alternatifs avec collecteur au moyen d'un montage en série parallèle). — COOMBS. USAP. 799715, 30 janvier 1905 (changement de vitesse). — CUSHMAN. USAP. 799035, 31 mai 1904 (dispositif de changement de marche d'un moteur). — HOOD. USAP. 799851, 11 nov. 1904 (moteur pour automobile). — ELEKTRICITAETS AKTIEN GESELLSCHAFT VORM. LAHMEYER et Co. BF. 355946, 6 juillet 1905 (procédé pour la production de variation dans l'intensité et dans la position des moteurs à collecteur à courant alternatif monophasé); ID. 356048 et 356049, 11 juillet 1905 (dispositifs pour la limitation de la vitesse angulaire dans les moteurs série à courant alternatif et pour la production de variations dans la grandeur et la position du champ des moteurs à collecteurs à courant alternatif monophasé). — ILGNER. 165657, 10 juin 1904 (régulateur pour moteurs à travail intermittent). — JESSEN. BF. 356429, 26 juillet 1905 (autodémarreur pour électromoteurs). — LEHMANN. BF. 356485, 21 juillet 1905 (dispositif de commutation pour moteurs monophasés à collecteur avec balais court-circuités). — SIEMENS-SCHUCKERT. BF. 356231, 19 juillet 1905 (disposition s'appliquant aux moteurs monophasés à collecteur pour faire éviter la formation d'étincelles). — THOMSON-HOUSTON. BF. 356443, 10 juillet 1905 (système de contrôle de moteur électrique).

TRACTION.

Systèmes de commande des trains par unités multiples. Mémoire présenté par HAZELTON à la Convention annuelle de Philadelphie de l'American Railway mechanical and electrical Association (*Street Railway Journal,* t. XXVI, p. 565 à 568).

On commença d'abord la remorque des trains électriques à l'aide d'une seule voiture motrice accouplée à trois voitures d'attelage; le premier essai fut fait par l'aérien ouest de Chicago en 1895. Plus tard, on reconnut l'utilité, pour obtenir de grandes accélérations, ce qui est essentiel sur les métropolitains aériens ou souterrains à arrêts fréquents, de rendre moteurs plusieurs véhicules du train, avec des systèmes dits à « commande multiple » permettant de commander à la fois, d'une seule voiture, les dynamos de toutes les voitures motrices. Toutes les lignes métropolitaines installées dans ces cinq dernières années, en Amérique et en Europe, ont fait usage de systèmes de ce genre qui ont, en outre, remplacé le système par commande unique sur beaucoup d'anciennes installations. Enfin, on commence à appliquer la commande multiple sur les lignes de tramways interurbaines lorsque, voulant augmenter le nombre des véhicules des convois et la vitesse, et ayant à franchir des rampes fortes, on est conduit à faire usage d'une puissance motrice difficile à disposer sur une seule voiture.

La première installation de ce genre a été faite par la Compagnie Sprague, en 1898, sur l'aérien sud de Chicago, avec le système Sprague qui fut également employé, avec de légères modifications, sur l'aérien de Boston en 1901. Le système Sprague primitif employé comportait, sur chaque voiture motrice, un combinateur à tambour actionné par un servo-moteur électrique à 500 volts et un manipulateur principal en forme de petit combinateur, permettant de commander synchroniquement de l'une quelconque des voitures motrices, à l'aide d'un courant électrique à 500 volts, les servo-moteurs de toutes les motrices du train, avec relais limitateurs de la vitesse de rotation des combinateurs.

En 1902, la General Electric Co installa sur 800 motrices du Manhattan aérien de New-York le système Thomson-Houston primitif qui ne comportait pas de relais limitateur de la vitesse de passage des diverses combinaisons, mais qui contenait déjà sur chaque voiture, à la place d'un combinateur, une série de *contacteurs* [1] ou électro-aimants fonctionnant à 500 volts et effectuant séparément la mise en circuit de différentes résistances et le couplage des moteurs.

Les deux systèmes ont été fondus ensuite par la General Electric Co, qui a conservé le dispositif Thomson des contacteurs, reconnu, à l'usage, bien supérieur au combinateur à tambour Sprague, mais a adopté le relais limitateur Sprague et son modèle de manipulateur. Les contacteurs sont disposés les uns à côté des autres, comme cela a été fait au Métropolitain de Paris.

La Compagnie Westinghouse, de son côté, a créé un système de contrôle multiple similaire à celui de la General Electric Cy. Il comprend un manipulateur et une série de contacteurs actionnés chacun par un cylindre à air comprimé, les valves de ces cylindres sont commandées par des électro-aimants, en nombre un peu moins grand, qui fonctionnent avec un courant de 14 volts seulement fourni par une batterie double d'accumulateurs, dont une moitié se recharge pendant la marche en série avec les lampes d'éclairage de la voiture. Enfin, le système est complété par un limiteur de courant analogue à celui de la General Electric Co. Dans les photographies données dans le Journal, les contacteurs ne sont pas disposés en tourelles comme sur le Métropolitain de Paris, mais suivant une rangée rectiligne, à peu près comme dans le système Thomson en usage à Paris.

Tels sont les deux systèmes de contrôle par unités multiples existant actuellement en Amérique.

Dans la discussion qui a suivi cette Communication, divers orateurs ont fait remarquer que les systèmes de contrôle multiples, quoique excellents en théorie sur les convois de tramways, ne pouvaient guère être logés sur les petits véhicules circulant dans les villes.

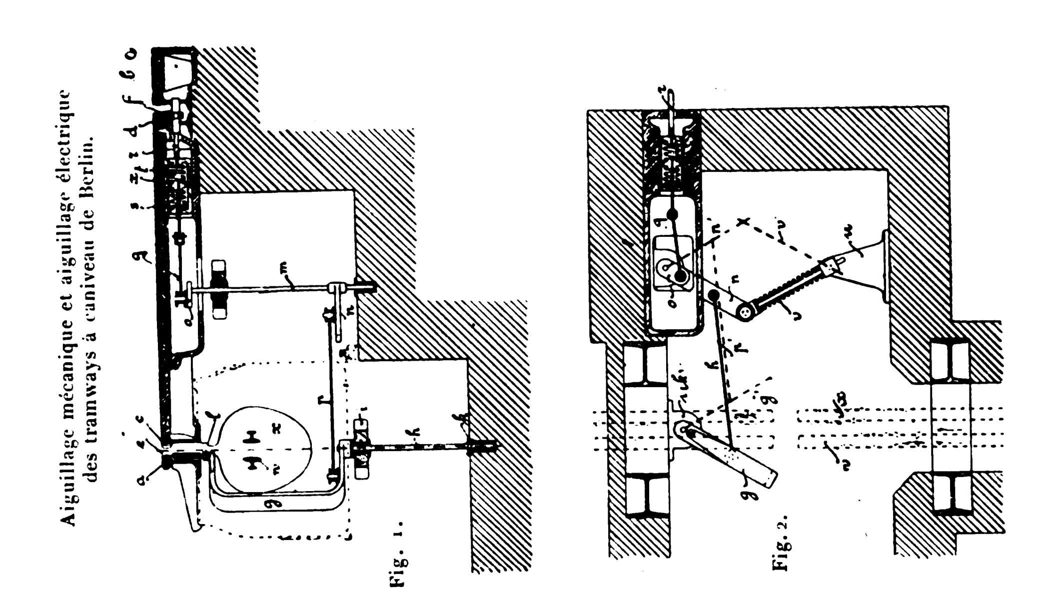
Il est également difficile de reporter de la plate-forme sous la caisse des voitures de tramways les parties des appareils de manœuvre soumises à des ruptures à 500 volts, comme l'ont suggéré plusieurs ingénieurs, dans le but d'éviter tout danger d'incendie. M. Taylor signale toutefois un combinateur de ce genre, placé sous le véhicule, et qui ne laisse plus sur la plate-forme qu'un solénoïde de commande. Ch. J.

[1] *Voir* à ce sujet la série d'articles publiés dans ce Journal par M. Ch. Jacquin sur les divers types de systèmes de commande multiples employés en Europe.

Installation de commande mécanique et électrique des aiguilles des tramways à caniveau de Berlin, par BJORKEGREN (*Elektrische Bahnen und Betriebe,* t. III, p. 298, 3 juin 1905). — La commande des aiguilles dans les lignes de tramways à caniveau latéral présente certaines difficultés. Les figures 1 et 2 représentent l'installation d'aiguillage mécanique en usage sur les lignes de la Grande Société des tramways de Berlin. Les deux pointes mobiles d'aiguilles *e* et *f* sont accouplées par une tige horizontale *p* reliant les deux bielles *g* et *n*; la bielle *g* commande directement l'aiguille *e*; la bielle *n* est montée sur l'arbre *m*, portant une manivelle supérieure *o* reliée par une tige *q* à la tige *r* com-

Fig. 3.

Fig. 4.



Aiguillage mécanique et aiguillage électrique des tramways à caniveau de Berlin.

Fig. 1.

Fig. 2.

mandant la seconde aiguille *f*. Sur cette tige *r* sont montés deux ressorts contraires *s* et *t* correspondant aux deux positions de l'aiguillage. En tirant ou poussant cette tige *r* par un levier à main extérieur, on commande directement l'aiguille *f*, et, par l'intermédiaire de la transmission précitée, l'aiguille *e*. Ces aiguilles sont maintenues calées dans l'une ou l'autre de leurs deux positions par un ressort *v*.

La manœuvre des aiguilles à la main par un homme placé sur la chaussée n'est pas sans présenter des dangers dans les rues très actives; elle donne lieu en outre à des erreurs fréquentes, qui provoquent le bris du trôlet souterrain. Aussi la Société des Tramways de Berlin a-t-elle cherché à rendre la manœuvre possible par le mécanicien même de la voiture, en faisant usage de l'électricité. La Société Siemens et Halske, chargée de cette étude, a adopté la solution suivante représentée sur les figures 3 et 4.

Lorsque le mécanicien approche d'une aiguille, il fait tourner, à l'aide d'une perche de 1m,5 de long, une petite plaque M (*fig.* 4) située à sa droite sur la chaussée, dans une petite trappe affleurant le sol. La rotation de cette plaque provoque, par une transmission à tringles $m_1\, m_2\, m_3\, m_4$, la rotation d'un commutateur N, qui peut occuper deux positions différentes, correspondant à l'envoi d'un courant (pris sur la ligne souterraine du tramway) dans l'un ou l'autre des deux solénoïdes s_1 ou s_2. Suivant que l'un ou l'autre de ces deux solénoïdes est actionné, la tige R_2 articulée en R_1 est tirée ou poussée et place les aiguilles (commandées par les bielles *g*, *p*, *n*) dans l'une ou l'autre de leurs positions. Le commutateur est disposé de façon que le courant est coupé après que les bielles d'aiguilles ont effectué un peu plus de la moitié de leur course (ce sont les ressorts qui achèvent la course). Le commutateur N est en outre conjugué avec un embrayage magnétique N_1 qui empêche les aiguilles de rester dans une position intermédiaire. Dans le cas de rupture d'un câble électrique ou d'autres avaries aux appareils électriques, les aiguilles peuvent être manœuvrée à l'aide d'un levier à main.

Ce dispositif de commande électrique, qui est appliqué déjà à un grand nombre d'aiguilles des lignes à caniveau de Berlin, a jusqu'ici bien fonctionné. CH.-J.

Les conditions hygiéniques du métropolitain souterrain de New-York (*Electrician*, t. LVI, 24 nov. 1905, p. 210). — Du Rapport d'une Commission nommée pour étudier ces conditions il résulte : — Le renouvellement de l'air est suffisant pour assurer la constance de la proportion d'oxygène et l'évacuation des mauvaises odeurs. La température de l'air dans le souterrain est supérieure, même en été, à celle de l'air extérieur de 4° à 5° C.; elle est montée jusqu'à 32°,5. En général l'air du tunnel est moins humide que l'air extérieur; toutefois, pendant la semaine la plus chaude, c'est l'inverse qui a été observé. La moyenne de 721 analyses a montré que la proportion du gaz carbonique est de 4,58 pour 10000 dans l'air du tunnel et 3,45 pour 10000 dans l'air extérieur; exceptionnellement on a trouvé 7,81 pour 10000 de ce gaz. Les poussières en suspension dans l'air du tunnel donnent un dépôt noir contenant 61,78 pour 100 de parcelles de fer ayant des dimensions inférieures à 0mm,001; ce dépôt contient en outre environ 1 pour 100 de matières grasses qui le rendent très adhérent. Le nombre de bactéries déposées par minute et par pied carré (9dm²) est en moyenne de 750 dans le tunnel et de 1200 dans l'air extérieur; exceptionnellement il est plus grand pour l'air du tunnel que pour l'air extérieur. — L'échauffement de l'air du tunnel au-dessus de la température ambiante est dû en grande partie à la transformation finale en chaleur de l'énergie électrique fournie aux moteurs; la forte proportion de fer contenue dans les poussières provient de l'usure rapide des freins. La Commission estime que l'on peut arriver à diminuer à la fois l'échauffement de l'air et la production de poussières ferriques en diminuant la vitesse entre stations, mais augmentant l'accélération au démarrage afin de ne pas réduire la vitesse commerciale.

Omnibus pétroléo-électriques de New-York (*Electrician*, t. LVI, p. 209, 24 nov. 1905). — Des essais sont faits actuellement à New-York pour remplacer par des omnibus automobiles les omnibus à traction animale qui desservent encore quelques voies très encombrées où l'établissement d'une voie de tramways n'a pas été possible. L'omnibus mis en essais est actionné par deux moteurs électriques auxquels le courant est fourni par un groupe générateur à pétrole d'une puissance de 40 chevaux; une petite batterie d'accumulateurs complète l'installation. Contrairement à ce qui a lieu dans certains types d'automobiles mixtes, cette batterie n'a pas pour but de maintenir constante la charge du groupe électrogène quelle que soit la puissance absorbée par les moteurs; elle sert seulement à alimenter le circuit d'éclairage de la voiture et à effectuer le démarrage du groupe électrogène, dont la dynamo fonctionne alors comme moteur. La vitesse de l'omnibus peut atteindre 24 km : h en palier et 12,4 km : h en une rampe de 8 pour 100. Son poids, avec 28 à 30 voyageurs, est d'environ 7 tonnes. On ne possède encore aucune donnée précise sur les résultats de ces essais; on a pu reconnaître cependant qu'il était possible de réduire le poids de la voiture sans rien sacrifier à la sécurité : aussi les omnibus qui vont être construits seront-ils un peu plus légers.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : GIBBS. BP. 22246, 1904. — *Divers* : BERG. USAP. 801355 et 801823, 20 avril 1904 et 22 mai 1905 (automobile électrique). — CLARK. BP. 19651, 1904 (chemin de fer électrique). — LEVIN. USAP. 797589, 22 avril 1904 (locomotive électrique). — RAWORTH. BP. 17975, 1904 (automobile électrique). — THOMSON-HOUSTON CY. BP. 22817, 1904 (automobile électrique). — WEISS. BP. 7036, 1905 (automobile électrique).

Conducteurs et voie : *Ligne à 3e rail* : STEWART. USAP. 798368, 5 mai 1904 (contact de 3e rail). — TAYLOR. USAP. 799110, 3 décembre 1904 (couvercle pour 3e rail).

Prises de courant : *Trolet*. — HARDMAN. USAP. 792985, 14 mars 1905. — HAYWARD et FOX. BP. 11884, 1904. — HENSLEY. BP. 3885, 1905. — HENRY. USAP. 797355, 9 nov. 1904. — JONES. BP. 6838, 1905. — KELSOY. USAP. 792903, 14 avril 1905. — KOENIG. USAP. 793304, 17 déc. 1904. — LITTLE. BP. 13274, 1904. — MARGAN. USAP. 793312, 30 janvier 1905. — MERZ et REDMAN. BP. 14163, 1904. — PHILIPPS. BP. 17534, 1904. — SAYER. BP. 22372, 1904. — STANLEY. USAP. 790931, 22 juillet 1903. — STEELE. USAP. 791835, 12 nov. 1904. — THOMPSON. USAP. 793965, 28 décembre 1904 et 792634, 17 janvier 1905. — WELSH. BP. 17207, 1904. — WHITE. USAP. 794964, 24 août 1903. — WOOD. USAP. 795016. 15 janvier 1903. — *Divers* : BROWN. USAP. 795247, 26 janvier 1903 (patin collecteur de courant). — BEER. USAP. 797251, 18 août 1902 (dispositif pour transmettre le courant aux voitures). — EAGANS. USAP. 792122, 2 février 1905 (dispositif pour transmettre le courant aux voitures). — PULLEN. USAP. 791816, 18 juillet 1904 (prise de courant).

Divers : REMS. USAP. 797669, 11 nov. 1904 (dispositif pour la réparation du fil de trolet). — PARR. BP. 18060, 1904 (aiguillage automatique).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Cohérence et recohérence, par E. SHAW et C.-A.-B. GARRETT (*Phil. Mag.*, t. VIII, p. 165-174). — Pour décider entre les diverses théories, les auteurs s'appuient sur les expériences suivantes :

1° Deux surfaces métalliques sont mises en contact, sans choc, de façon que leurs couches superficielles ne se pénètrent pas. Le courant ne passe pas. Si l'on produit une étincelle dans le voisinage, la cohérence s'établit et la distance des deux surfaces devient inférieure à 12.10^{-6} cm. D'après les recherches récentes, la distance explosive pour une différence de potentiel de 1 à 6 volts est environ 1.10^{-6} mm. par volt : c'est là la limite supérieure de la couche superficielle quand le courant passe. Si l'épaisseur est plus grande, le courant passe seulement quand cette couche a été percée par les ondes électriques.

2° On sépare les surfaces, on les nettoie et on les sèche, puis on les remet en contact comme précédemment : le courant passe aisément. Une étincelle éclatant dans le voisinage ne produit qu'une cohérence insignifiante. Il est nécessaire qu'il y ait un certain intervalle entre les deux surfaces : la résistance est alors suffisante pour que la chaleur dégagée par le passage des ondes puisse fondre les surfaces. Effectivement, si l'on a nettoyé puis rapproché les surfaces avec une légère pression de façon que le courant qui passe soit faible, la cohérence se produit aisément.

Il faut donc, pour que la cohérence se produise, qu'il y ait ou une couche superficielle ou un intervalle suffisant ; le phénomène est donc un effet de la fusion superficielle.

Recohérence. — Les surfaces en cohérence, séparées, puis remises en contact, se cohèrent de nouveau, moins fortement cependant. Cette opération peut être répétée plusieurs fois, puis les surfaces reprennent leurs propriétés normales. Cette recohérence paraît provenir d'une orientation des particules, qui est provoquée par la cohérence et subsiste après la séparation. M. L.

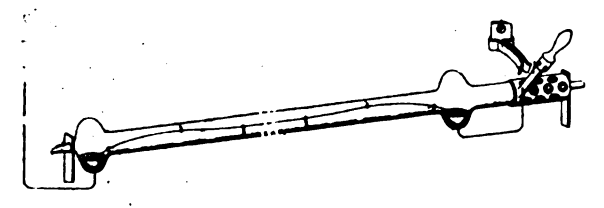
BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie sans fil : SHOEMAKER. USAP. 795312, 13 fév. 1905 ; BF. 356548, 31 juil. 1905 (récepteur électrolytique). — SMITH. BF. 355814, 1er juil. 1905 (appareil d'épreuve pour la découverte d'étincelles électriques). — STONE. BP. 29145, 1904. — SWENSON. USAP. 801118, 1er déc. 1902 (récepteur). — THOMPSON. BP. 5456, 10708, 10709 et 14221, 1905 (récepteur et transmetteur). — TROY TELEGRAPH CONSTRUCTION CY. DRP. 163797, 12 juil. 1904 (récepteur). — UNDERHILL. BP. 16978, 1904. — ZEHNDER. BF. 354408, 18 mai 1905 (télégraphie sans fil avec courants telluriques).

Téléphonie : ANDRIANO et HERBSTRITT. USAP. 800534, 26 janvier 1901 (service secret pour lignes téléphoniques). — BAIRD. USAP. 794967, 19 déc. 1904 (support pour téléphone). — BANKSON. USAP. 795473, 26 juillet 1904 (annonciateur). — BARTLETT. USAP. 798252, 19 oct. 1904 (dispositif pour éviter les bruits parasites sur les lignes téléphoniques). — BERTY (Mac). USAP. 793389 et 795533, 19 nov. 1902 et 28 sept. 1903 (compteur et tableau téléphoniques). — BINES. BP. 4163, 1905. — BISHEY. BP. 17043, 1904. — BOONE. USAP. 798561, 11 avril 1905. — BRANDER. BP. 16038, 1904. — BREADHEFT. USAP. 799887, 24 fév. 1903. — BRECHT. USAP. 794137, 22 sept. 1902 (récepteur). — BUELL. USAP. 792691, 792692 et 792693, 9 mai, 9 août et 25 oct. 1904. — BULLARD et NORTY. DRP. 164305, 23 sept. 1902 (commutateur). — BURT. USAP. 794343, 26 janvier 1904 (tableau). — CAMPBELL. USAP. 796562, 14 janvier 1905 (appel). — CENTURY TELEPHONE DEVICE CY DRP. 163796, 25 mai 1904. — CHRISTENSEN. BF. 353243, 12 avril 1905 (relais de renforcement du son). — CLEMENT. USAP. 797561, 8 mars 1905 (commutateur). — COLEMAN. USAP. 799452, 7 avril 1905 (relais). — CORWIN. USAP. 795961, 3 sept. 1904 (tableau). — COX. USAP. 795820, 27 janvier 1902 (système sélectionné). — CRAFT. BP. 1607, 1905. — CURTIS. USAP. 800907, 18 avril 1905. — DARNELL. USAP. 794142. 30 avril 1904 (commutateur). — DAVIS. USAP. 799722, 5 janvier 1905 (support transportable). — DEAN. USAP. 794348, 794349, 794702 et 796568, 14 sept. 1903, 27 mai 1901 et 27 oct. 1902 ; DRP. 164567, 30 mai 1903 (commutateur). — DEISENHOFER. USAP. 801186, 31 mai 1905. — DOYE. BF. 353308, 24 mars 1905 (dispositif pour empêcher la manivelle du téléphone de faire plus d'un tour). — ELEKTROMILITARA AKTIEBOLAGET. BP. 4541, 1905. — FULDA. DRP. 162666, 9 juin 1904 (microphone). — GABEAUD. BF. 350203, 3 oct. 1904. — GAIL. BP. 7508, 1905. — GATI. USAP. 799554, 9 fév. 1904 (relais pour téléphone). — GREEN. USAP. 793436 et 798035, 7 nov. et 20 déc. 1904. — GROPER. DRP. 162631, 11 mars 1904 (commutateur). — HARKNESS. USAP. 793928, 18 mars 1904 (transmetteur). — HEDMAN. USAP. 799160, 22 mai 1902 (commutateur). — HIGGINS. DRP. 165945, 24 fév. 1904 (microphone). — HILDEBRAND. DRP. 165497, 26 août 1904 (commutateur). — HOCHSTETTER. DRP. 165441, 12 mars 1905 (enregistrement des ondes acoustiques). — HOBEL. DRP. 163050, 17 mai 1904 (microphone). — HOFLINGER. USAP. 793444, 11 mars 1904 (microphone). — HOWE. USAP. 794016, 2 mars 1905 (attache pour téléphone). — HULIT. USAP. 795836, 3 sept 1904 (appel sélectionné). — KELLOG. USAP. 800160 et 800161, 30 nov. 1891 et 24 août 1893 (commutateur multiple). — KINSEY (Mac) et NELSON. DRP. 164306, 10 oct. 1903 (commutateur). — KITSEE. USAP. 800657, 14 juin 1905. — KNOLL. BF. 356480, 13 juillet 1905 (dispositif pour faire varier la hauteur à laquelle se trouve le pavillon des transmetteurs téléphoniques). — KUGELMAN. BF. 353468, 14 avril 1905 ; DRP. 162632, 28 avril 1904 ; BP. 8975, 1905. — LAND, USAP. 797586 et 793941. 4 nov. 1904 et 23 janvier 1903. — LATTIG. USAP. 798043, 6 juin 1903. — LAUGHLIN. USAP. 799658, 13 juin 1905 (signal pour téléphone). — LEGENDRE. BP. 3283, 1905 (appareil producteur de sons). — LONG. USAP. 793845, 15 oct. 1904 (interrupteur automatique pour téléphones). — LORENZ. BF. 356692, 14 août 1905 (appareil téléphonique pour personnes dures d'oreilles). — LOVERIDGE. USAP. 800747, 12 déc. 1902 (clé pour téléphone). — LUNDQUIST et NORSTROM. USAP. 799346, 27 août 1900 (appel). — MATHENY et HASTINGS. USAP. 794370, 22 juillet 1904. — MEGAPHON. DRP. 164742, 24 sept. 1904 (commutateur de microphone). — MEYER. BF. 356380, 25 juillet 1905 (enregistreur d'appels téléphoniques). — MILLER. USAP. 796441, 4 fév. 1901. — MIX et GENEST, DRP. 163798, 164307, 164433 et 165570, 6 sept., 4 déc., 7 sept. et 6 juillet 1904 (commutateurs). — MURDOCK. USAP. 801034, 5 janvier 1905. — NEAL. USAP. 795850 et 795852, 18 oct. 1901 et 4 mars 1902 (appel sélectionné et relais). — O'BRIEN. USAP. 794245, 8 juillet 1904 (appareil électrique pour produire des signaux acoustiques). — OHNESORGE. DRP. 165812, 25 janvier 1905. — PAPE. USAP. 800675 et 800677, 16 juin 1904 (récepteur). — PAPP et HIGGINS. DRP. 165436, 24 février 1904 (microphone) — PARAMORE. USAP. 797015, 1er dec. 1904 (parafoudre téléphonique). — PARSONS. BP. 17738, 1904. — PAUL et DOUGALL (Mac). DRP. 163792, 7 avril 1903 (commutateur). — PFANHAUSER. DRP. 165438, 19 oct. 1904. — PORT. BP. 17674, 1904. — PRINCE. USAP. 800940, 18 avril 1902. — RANDALL. 798555, 17 septembre 1904 (coupe-circuit pour téléphone). — REBHUN. USAP. 794116, 17 octobre 1904 (attache). — REYNOLDS. USAP. 792927, 25 février 1905 (transmetteur). — RIES. USAP. 796089, 20 mai 1904 (tableau). — RISSELMACHER et ENGELHARDT. DRP. 165051, 24 mars 1905 (fils pour téléphone). — ROSE. USAP. 793541, 3 mai 1904 (annonciateur). — SAENGER. USAP. 796254, 15 sept. 1904 (photophone).

ÉCLAIRAGE.

Dispositif d'allumage pour lampes à mercure; A.-D. Lunt (Brevet américain 803836, déposé le 12 mai 1904, délivré le 7 nov. 1905). — La lampe est formée d'un tube portant à chacune de ses extrémités un renflement contenant du mercure; un filament de carbone relie les deux mercures quand la lampe est hors circuit. Pour l'allumage il suffit de faire tourner la lampe autour de son axe au moyen de la



manette que l'on voit à droite de la figure. Dès que la partie métallique du levier vient s'engager entre les mâchoires situées en face, un courant traverse le filament de carbone. En continuant à tourner l'extrémité droite du filament sort du mercure et l'arc s'amorce entre les deux mercures. Enfin, en continuant à tourner le levier jusqu'à ce qu'il soit à fond, l'autre extrémité du filament sort aussi du mercure et le filament est ainsi mis complètement hors circuit.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : Andrew et Jones. BP. 27179, 1904. — Audress. BP. 18163, 1904. — Batault. USAP. 801637, 19 juillet 1902. — Bonnella. BF. 357293, 28 août 1905 et BP. 22236, 1904. — Brockie. BP. 13681, 1905. — Carbone. BP. 15591, 1905. — Crompton et Cie. BP. 22362, 1904. — Davy. BP. 6556 et 20019, 1904. — General Electric Cy. BP. 25276, 1904. — Jandus Arc Lamps and Electric Cy et Jones. BP. 22838, 1904. — Kamm. BP. 23685 et 25708, 1904 (projecteur). — Kœrting et Mathiessen. DRP. 166229, 25 mars 1903. — Konitzer. BP. 29418, 1904. — Lewis, Case et Reason Manufacturing. BP. 24477, 1904. — Masor. BP. 24828, 1904. — Oliver. BF. 357527, 6 sept. 1905 et BP. 15453, 1904. — Siemens Bros et Co. BP. 11169, 1905. — Verity's Ld et Wolseley. BP. 34, 1905. — Viale. USAP. 801939, 16 juin 1904. — Weedon. BP 10553, 1905. — Wellington et Daniell. BP. 22522, 1904. — Whitney. BP. 24788, 1904. — Wickery. BP. 6053, 1905.

Divers : Bajohr. USAP. 799433, 29 mars 1905 (support pour conducteurs d'éclairage). — Bliss. USAP. 799516 à 799529, 30 janvier, 18 mars, 17 juillet, 24 avril, 15 juin, 15 mars et 24 avril 1905 (système d'éclairage électrique des trains). — Cailliez. USAP. 794924, 6 janv. 1904 (application de l'éclairage électrique à la visite des armes à feu). — Elroy. DRP. 163854, 24 janvier 1903 (éclairage électrique des trains). — Hutchins. BP. 16059, 1904 (éclairage électrique des trains). — Krohn. USAP. 800376, 21 janv. 1905 (éclairage électrique des trains). — Sayre. USAP. 797979, 8 mars 1905 (dispositif d'éclairage électrique).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Etat actuel de l'industrie de l'aluminium en Europe, par Robert Pitaval (*Journal de l'Electrolyse*, t. XIV, p. 1, 15 oct. 1905). — Dans cet article, l'auteur signale et commente trois faits nouveaux qui semblent devoir exercer une influence sur le développement de cette industrie : 1° le brevet Héroult pour la fabrication de l'aluminium est tombé dans le domaine public; 2° les sociétés qui se sont spécialisées dans la fabrication de ce métal viennent d'augmenter considérablement leurs moyens d'action et leur puissance financière; 3° les cours de l'aluminium se sont sensiblement relevés dans ces derniers temps. — En ce qui concerne le second fait, l'auteur donne les quelques détails suivants : La *Société électrométallurgique française* a, dans ces dernières années, élevé son capital au chiffre de 8 millions et porté à 25000 chevaux la puissance de ses trois usines de Froges, La Praz et Saint-Michel-de-Maurienne (cette dernière a été inaugurée au printemps); sa production annuelle est de 1000 tonnes d'aluminium. La *Société des produits chimiques d'Alais* vient de réunir ses actionnaires pour augmenter son capital en vue de l'achat de l'usine de Saint-Félix-de-Maurienne qu'elle avait en location; avec les usines de Calypso et de Saint-Michel (cette dernière inaugurée en septembre était destinée à remplacer, à fin de bail, l'usine de Saint-Félix), elle disposera d'une puissance de plus de 15000 chevaux; elle produirait annuellement 600 tonnes d'aluminium. La *Aluminium Industrie Aktiengesellschaft*, qui possède une usine à Neuhausen, en Suisse, une autre à Lend-Gastein, en Autriche, et une troisième à Rheinfelden, en Allemagne, vient de décider d'augmenter son capital de 10 millions, ce qui le portera à 25 millions; une partie importante de cette augmentation sera affectée à la construction d'une nouvelle usine à Chippis, dans le Valais; sa production annuelle est de 3500 tonnes d'aluminium. La *Bristish Aluminium Ce*, qui possède les usines de Foyers, en Ecosse, et de Milton, dans le Staffordshire, disposant de 8000 chevaux environ, songe aussi à augmenter la puissance de ses moyens de production; elle produit 600 tonnes par an. A ces quatre puissantes Sociétés il conviendrait d'ajouter celle qui s'est fondée l'an dernier sous les auspices de la Dresdener-Bank et de la maison Beer-Sondheimer et qui a installé une usine dans la vallée de Pescara (Italie) pour le traitement des bauxites de Lecce di Marsi; mais l'auteur n'a sur elle que de vagues renseignements. — Le dernier fait signalé, l'augmentation du prix de vente de l'aluminium, est en désaccord avec les deux premiers, la libre exploitation des procédés Héroult et l'accroissement de la production paraissant devoir abaisser les cours. L'auteur explique l'illogisme de cette conséquence par deux raisons. La première est que les producteurs actuels d'aluminium ont, précisément par la création de nouvelles usines, empêché d'autres industriels de s'immiscer dans cette production : ces usines fabriqueront, en réalité, d'autres produits que l'aluminium tant que la consommation de ce métal restera dans les conditions actuelles, mais elles pourront, du jour au lendemain, effectuer cette fabrication si la consommation augmente. La seconde cause est que tous les gisements connus de bauxite appartiennent aux Sociétés précédemment citées.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloides et Métaux : Machalse. USAP. 800380, 12 juillet 1905 (préparation des hydrates alcalins et alcalino-terreux). — Muthmann. USAP. 792783, 17 oct. 1903 (fabrication de l'acide prussique). — Parks. USAP. 796753 et 796754, 20 août 1903 (procédé pour traiter les minerais aurifères). — Portheim. USAP. 798920, 29 janvier 1904 (réduction électrolytique de l'acide oxalique et de ses dérivés).

MESURES ET ESSAIS.

Quelques notes sur les compteurs polyphasés, par D.-J. NIES (*Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIV, p. 181 à 197, avril 1905). — **Note sur l'usage des instruments de mesures pour tableaux**, par F.-P. COX (même Volume, p. 197 à 201). — **Entretien des compteurs**, par W.-J. MOWBRAY (même Volume, p. 235). — **Discussion des Mémoires ci-dessus** (*Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXIV, p. 809 à 836, août 1905). — Les Mémoires ci-dessus ([1]) et les discussions auxquelles ils donnèrent lieu sont tellement enchevêtrés les uns dans les autres, qu'il est difficile de les séparer; il y a d'ailleurs peu d'indications nouvelles à en tirer.

Dans les installations à courant alternatif simple et à grande puissance, dit M. Nies, on emploie quelquefois deux compteurs, l'un devant contrôler l'autre, et l'on constate presque toujours entre eux des divergences qui ne suivent aucune loi. Dans le but d'expliquer les nombreuses causes d'erreurs qui se présentent, l'auteur donne plusieurs courbes destinées à montrer la relation entre ces erreurs et les imperfections des transformateurs qui servent d'intermédiaires entre les réseaux et les appareils de mesure; malheureusement les explications qui accompagnent les courbes sont remplies d'incorrections qui en rendent le sens presque incompréhensible, aussi bien dans le texte anglais que dans une traduction française qui a été publiée.

L'auteur arrive ensuite à la question des réseaux triphasés et sa conclusion est qu'il est préférable d'employer trois compteurs simples, un par phase. L'avantage résulte du fait que, si les circuits sont également chargés, les compteurs se contrôlent mutuellement, qu'ils peuvent être étalonnés plus facilement qu'un seul compteur disposé pour courant triphasé et enfin qu'il est possible de retirer un des compteurs du circuit pour le réparer, sans interrompre la marche du réseau.

Cette méthode exige, il est vrai, que le point neutre du système soit accessible, ce qui n'est jamais le cas; mais, comme ces instruments ne s'emploient jamais qu'avec des transformateurs, il est toujours possible de grouper les secondaires en étoile et d'avoir ainsi le point neutre cherché. Ceci ne s'applique, bien entendu, que dans les grosses installations dans lesquelles on utilise simultanément les trois phases.

Dans la discussion M. Lieb, Président de l'A. I. E. E., indique un moyen bien américain de savoir si les compteurs sont bien proportionnés aux installations. Pour que les compteurs travaillent dans de bonnes conditions il faut qu'ils soient à pleine charge ou à peu près; dès lors les surcharges accidentelles ont plus de chances de les détériorer, de telle sorte que si, chaque année, il y a un certain nombre de compteurs brûlés c'est que les proportions convenables ont été observées!

M. Lieb ajoute ce renseignement, d'un tout autre ordre, que dans une grande installation, sur un millier de compteurs essayés chez les consommateurs, après un an d'usage, 75 pour 100 donnaient des erreurs comprises entre plus et moins 5 pour 100; la précision moyenne de l'ensemble des compteurs atteignait 98,12 pour 100 et seulement 2,7 pour 100 du nombre total tournaient trop vite de 10 pour 100.

M. Caryl-D. Haskins dit que la précision des compteurs est plus grande; il cite les essais officiels faits, en 1904, dans l'état de Massachusetts où l'on a constaté que l'erreur moyenne à pleine charge était de 1,08 pour 100 et au cinquième de la charge de moins de 1 pour 100.

M. Cox signale, parmi les causes d'erreurs qui affectent les appareils de mesures placés sur tableaux, l'influence du châssis en fer du tableau lui-même.

M. Edouard-B. Rosa dit que le Bureau of Standards a essayé plusieurs shunts de 1000 à 3000 ampères et que ceux-ci présentaient des coefficients de température très élevés, des effets thermo-électriques prononcés et avaient des prises de courant ainsi disposées qu'elles influaient sur la distribution du courant, de sorte qu'en faisant et défaisant les connexions on trouvait des différences allant jusqu'à 8 pour 100.

Le moyen le plus sûr et le plus employé pour s'assurer de la régularité des compteurs consiste à les vérifier périodiquement et M. Mowbray signale qu'il a obtenu de bons résultats en faisant usage d'un compteur de vérification analogue aux watts-heuremètres ordinaires. L'avantage du procédé consiste dans ce fait que la comparaison des vitesses des parties tournantes se fait directement et il est facile de constater si l'instrument essayé tourne trop vite ou trop lentement; en outre, les observations ne sont pas affectées par les variations de voltage ou d'intensité. L'appareil de vérification a des circuits combinés de façon à s'adapter à des intensités très différentes, tout en travaillant toujours très près de la pleine charge afin de réduire les erreurs dues au frottement. L'essai peut être très court, il se réduit à laisser tourner le compteur de vérification pendant le temps nécessaire pour que le disque du compteur vérifié fasse de 1 à 10 tours.

Parmi les perfectionnements apportés aux compteurs dans ces dernières années l'auteur cite particulièrement les chapes en diamant dans lesquelles reposent les pivots des parties tournantes; ces chapes ont, sur celles en saphir, l'avantage de ne pas se briser.

Nous ne ferons que signaler un autre Mémoire présenté et discuté en même temps que les précédents : *L'oscillographe et ses usages*, par LEWIS-T. ROBINSON (*Proceedings of A. I. E. E.*, t. XXIV, p. 201-231, avril 1905). H. A.

Le laboratoire de l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes. Les étalons de l'ohm légal, par GIROUSSE (Conférence faite le 6 décembre 1905 à la Société internationale des Electriciens). — Après avoir donné quelques indications sur les installations de ce laboratoire, organisé pour les recherches télégraphiques et téléphoniques, le conférencier indique les résultats obtenus, relatifs à la vérification de l'ohm légal. — Les quatre étalons de l'ohm déposés au laboratoire des Postes et Télégraphes avaient, au début, en 1885, une résistance moyenne de 0,999994 ohm. On sait que ces étalons sont constitués par un tube de verre de 106^{cm} de longueur et 1^{mm^2} de section intérieure, et rempli de mercure pur. Les mesures effectuées en 1905 montrent que les différences les plus fortes trouvées sont de 5 à 6 microhms, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur même des erreurs d'expérience. On peut en conclure que les étalons n'ont pas varié et que seuls les étalons au mercure peuvent être considérés comme invariables. — A la suite de cette communication, M. Janet signale que des essais ont été entrepris également au Laboratoire Central d'Electricité, sur les étalons qui y ont été déposés. On a comparé ici les résistances des étalons au mercure avant et après remplissage. Pour l'étalon avec tube en verre les différences étaient moindres de 0,0001 ohm. Elles étaient plus grandes que cette valeur pour l'étalon avec tube en cristal. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Appareils divers : FAUVIN. BF. 353739, 27 avril 1905 (perfectionnements aux appareils de mesures électriques. — FERY. BF. 356701, 5 août 1905 (galvanomètre thermique); DRP. 162879, 3 juillet 1904 (galvanomètre enregistreur). — FLEMING. BF. 355751, 29 juin 1905 (perfectionnements aux appareils de mesure). — GARRAUD. BP. 15290, 1904 (intrument de mesure électrique). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 163880, 24 mars 1905 (indicateur de tension).

DIVERS.

Application du courant alternatif aux ampoules de Röntgen. (*Elektr. Zeit.*, t. XXVI, p. 868, 14 septembre 1905). — Une bobine ordinaire, sans interrupteur, mise sur courant alternatif donne un voltage secondaire trop faible pour l'emploi en radiographie; il n'en est pas de même si l'on ferme le circuit magnétique à l'aide de pièces de fer, car alors on augmente la self-induction des deux circuits.

Il ne suffit pas d'élever le voltage, il faut aussi chercher à éliminer une des phases, ou à la redresser, afin que l'ampoule reçoive du courant toujours de même sens. Dans ce but, Koch et Sterzel, de Dresde, construisent un redresseur de courant constitué essentiellement par une tige métallique qui tourne, sur un axe perpendiculaire à sa longueur, dans l'intérieur d'une boîte en ébonite munie de 4 bornes CDGH. Le mouvement étant commandé par un moteur synchrone et les connexions disposées comme on le voit sur la figure 1, il est facile de se rendre compte qu'à chaque

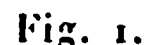
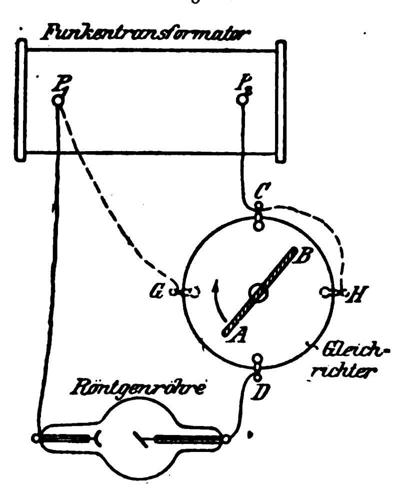
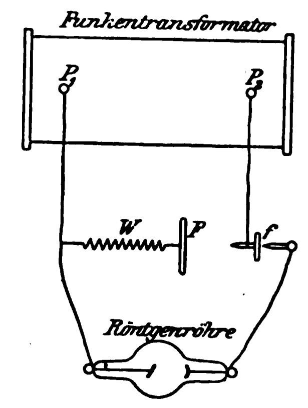


Fig. 1.



phase la tige pourra se trouver en face d'un couple de bornes, toujours le même pour la même phase, et que les décharges se trouveront ainsi envoyées toujours dans le même sens dans l'ampoule.

Fig. 2.



Le dispositif du Dr Walter repose sur les propriétés dissymétriques des excitateurs à pointe et plateau; on sait, en effet, que la décharge passe facilement d'une pointe positive à un plateau négatif et beaucoup plus difficilement dans l'autre sens. La figure 2 montre le dispositif de Walter : deux excitateurs F et *f* sont connectés avec l'ampoule et la bobine; une grande résistance W est intercalée entre le pôle P_1 et le plateau P, afin d'empêcher l'étincelle de se transformer en arc. L'excitateur *f* étant fermé, on règle la longueur d'étincelle en F jusqu'à ce que l'on voie l'ampoule s'éclairer franchement; cette distance peut varier entre 5^{cm} et 15^{cm}. Dans ces conditions les deux phases du courant passent inégalement dans l'ampoule; pour supprimer la phase dans laquelle P_1 est négatif, il suffit alors d'écarter un peu *f*, immédiatement on voit le tube s'éclairer dans le sens convenable.

La longueur de *f* est de quelques millimètres seulement, quand on a affaire à une ampoule bien réglée. Le Dr Walter trouve ce dispositif supérieur à l'emploi des soupapes cathodiques, car il n'y a pas à craindre le durcissement comme avec celles-ci. H. A.

Note sur l'irréversibilité des alliages de Heusler, par Bruce-W. HILL (*Physical Review*, New-York, t. XXI, p. 335 à 343, novembre 1905). — Les propriétés magnétiques n'appartiennent pas exclusivement au fer, cobalt, nickel et bismuth. Stephan Meyer a trouvé que quelques métaux rares sont fortement magnétiques, mais ces métaux ne sont pas généralement assez purs pour servir à ces essais et, si l'on prend leurs sels, on les trouve beaucoup plus magnétiques que ceux du fer. Si, par exemple, l'erbium était, proportionnellement au fer, aussi magnétique que le sont ses sels par rapport à ceux du fer, les dynamos pourraient, à puissance égale, être construites six fois plus légères qu'avec le fer. Cette comparaison n'est qu'une image, car on sait que l'ordre des propriétés magnétiques n'est pas le même pour les métaux et leurs sels; ainsi les sels de nickel sont toujours beaucoup plus magnétiques que ceux du fer, tandis que le contraire s'observe sur les métaux.

Pour le fer et le nickel on peut admettre la théorie allotropique d'Osmond et l'on sait que les températures de transformation, c'est-à-dire celles auxquelles un état allotropique fait place à un autre, peuvent être abaissées quand on ajoute au fer ou au nickel un autre métal avec lequel il forme une solution solide.

Les aciers-nickel irréversibles présentent ce phénomène intéressant de deux états allotropiques différents pouvant exister à la même température selon le cycle de température antérieurement parcouru. On sait que ces aciers étant à l'état magnétique, à la température ambiante, perdent leurs propriétés magnétiques si on les chauffe au rouge sombre et ne les retrouvent pas en revenant à la température ambiante : il faut les refroidir beaucoup au-dessous de cette température pour les ramener à l'état magnétique.

Les sels de manganèse et de chrome ont des propriétés magnétiques analogues à celles du fer, du cobalt et du nickel; on peut donc supposer que le manganèse et le chrome peuvent exister sous différents états allotropiques ou phases et que nous les connaissons seulement à l'état non magnétique; mais, si nous trouvons l'alliage convenable, nous pourrons obtenir la phase magnétique.

Heusler ne paraît pas avoir été guidé par cette vue et c'est le hasard qui l'a mis en présence des alliages magnétiques; mais, après avoir observé le phénomène, il a constaté que certains corps, les éléments trivalents en particulier, communiquaient des propriétés magnétiques très accentuées au manganèse. Par exemple, le mélange formé de 1 partie de poudre d'antimoine et 4 parties de poudre de manganèse devient nettement magnétique lorsqu'il est chauffé à 500° ou 600°, bien qu'il n'y ait pas alliage à proprement parler.

Partant de l'alliage à 70 pour 100 de cuivre et 30 pour 100 de manganèse et y ajoutant successivement de l'étain, de l'antimoine, de l'arsenic et de l'aluminium, Heusler trouva

que le dernier corps était le plus actif. Heusler et tous ceux qui l'ont suivi ont toujours opéré à des températures inférieures à 580°.

M. Bruce-W. Hill a essayé deux alliages, l'un formé de 60 pour 100 de cuivre, 25 pour 100 de manganèse et 15 pour 100 d'aluminium; l'autre avec plus d'aluminium. Ces alliages étaient coulés en baguettes de $0^{cm},45$ de diamètre et 12^{cm} de longueur; le métal était dur et cassant. Les essais magnétiques furent faits par la méthode balistique; la bobine magnétisante enveloppait le four électrique où la barre était chauffée. Une enveloppe à eau, interposée entre le four et la bobine, était destinée à empêcher l'échauffement de cette dernière, de façon à conserver le champ constant. Un couple thermo-électrique donnait la température.

L'essai de la baguette à teneur élevée en aluminium montre que l'induction $\mathfrak{B}$ atteint 5750, quand le champ $\mathcal{H}$ est de 87 gauss, et la boucle d'hystérésis est très large. La courbe de la figure 1 montre comment varie l'intensité d'aimantation $\mathfrak{J}$ lorsqu'on fait varier la température en gardant le champ constant et égal à 85. Commençant en A, avec $\mathfrak{J} = 311$, la courbe tombe à $\mathfrak{J} = 0$ au point B; si à ce moment on élève la température de 33°, la courbe va de B en C et au refroidissement passe de C en B, mais à partir de ce dernier point la courbe de $\mathfrak{J}$ est plus basse qu'au début et l'on atteint à la température ambiante le point D où $\mathfrak{J} = 267$. Un nouvel échauffement donne la courbe DE, laquelle, à partir de 400°, atteint un minimum $\mathfrak{J} = 7$ qui se maintient jusqu'à 500°. Si à ce moment on revient à la température ambiante, on atteint seulement $\mathfrak{J} = 27$. L'échantillon plongé dans l'air liquide remonte à $\mathfrak{J} = 36$ et reste ensuite invariable en revenant à la température ambiante.

Afin de retrouver les propriétés magnétiques initiales, l'auteur chauffa l'échantillon au rouge sombre et le fit refroidir lentement, il put ainsi obtenir $\mathfrak{J} = 90$ dans le champ $\mathcal{H} = 85$. Un nouveau chauffage au rouge brillant donna, après retour à la température ambiante, $\mathfrak{J} = 155$ et après refroidissement dans l'air liquide $\mathfrak{J} = 162$. Cet alliage est donc irréversible, mais en sens opposé à l'acier-nickel, ainsi que le montre le Tableau suivant où sont indiquées les valeurs de $\mathfrak{B}$ mesurées sur l'alliage et sur un échantillon d'acier-nickel à 24 pour 100.

Acier-nickel.

état initial	non magnétique		
0°	$\mathfrak{B} = 1200$	pour $\mathcal{H} =$	136
— 20°	» 3700	»	135
— 79°	» 9300	»	135
— 90°	» 10200	»	136

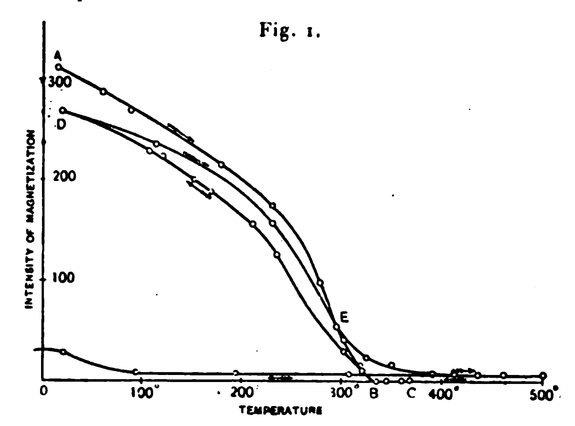
Alliage Heusler.

état initial	$\mathfrak{B} = 4020$	pour $\mathcal{H} =$	85
368°	» 3440	»	85
500°	» 427	»	85
650°	» 1220	»	85
850°	» 2030	»	85

L'acier-nickel chauffé au rouge sombre reste magnétique, mais refroidi il reprend rapidement ses propriétés magnétiques. Au contraire le froid affecte peu l'alliage, mais l'élévation de température agit beaucoup. L'acier-nickel refroidi est dans un état magnétique qui correspond à celui du fer à haute température et M. D.-K. Morris a constaté que le fer retrouve une faible susceptibilité magnétique entre 800° et 1000°; on peut donc supposer que le manganèse serait trouvé magnétique à une température suffisamment élevée.

L'alliage à faible teneur en aluminium montre en général la même allure du phénomène; l'induction $\mathfrak{B}$ était de 11800 pour $\mathcal{H} = 75$, avec très peu d'hystérésis. Chauffé à 950° et ramené à la température ambiante, il devient et reste non magnétique. La densité de ce dernier alliage varie beaucoup : à l'état magnétique initial la densité était 6,61;

Fig. 1.



elle n'était plus que de 5,80 après chauffage à 950°. L'acier-nickel essayé ci-dessus montre un phénomène opposé, mais de moindre grandeur : à l'état magnétique sa densité est de 7,91, elle monte à 8,09 quand l'acier-nickel n'est pas magnétique. H. A.

Sur la déviation magnétique et la déviation électrique des rayons α du radium et du polonium, par A.-S. Mackensie (*Phil. Mag.*, 6e série, t. X, p. 538-548, nov. 1905). — L'auteur a fait ces expériences en vue, d'une part, de déterminer la vitesse v et le rapport de la charge e à la masse m d'une particule du rayonnement α; d'autre part, de rechercher si l'une de ces quantités v, e, m varie quand ce rayonnement se propage dans un bon vide ordinaire. — Pour pouvoir opérer dans le vide sans avoir à démonter l'appareil à chaque expérience pour remplacer la plaque photographique sur laquelle les rayons viennent faire impression, l'auteur reçoit ces rayons sur un « scintilloscope » constitué par une lame de verre recouverte de sulfure de zinc; cette lame ferme l'une des extrémités d'un récipient de forme convenable dans lequel on fait le vide; à l'autre extrémité est placé un écran percé d'une fenêtre recouverte de mica contre laquelle on place la substance radioactive; le récipient est en cuivre et placé entre les pôles d'un puissant électro-aimant dans les mesures de la déviation magnétique; il est en verre et placé entre les armatures d'un condensateur dans les mesures de la déviation électrostatique. L'auteur espérait mesurer ces déviations en pointant avec un microscope la bande lumineuse produite par les rayons sur le scintilloscope, cette bande étant vue par transparence; il a reconnu qu'il était préférable de placer contre la face externe du scintilloscope une plaque photographique et de faire les mesures sur cette plaque. — Avec le radium, il a constaté que la dispersion électrique, beaucoup plus faible que la déviation magnétique, est environ $\frac{1}{10}$ de la déviation. La vitesse v est comprise entre $1,18.10^9$ cm et $1,74.10^9$ cm. Le rapport e/m est égal à $4,6 \times 10^3$ (Rutherford a trouvé $6,2 \times 10^3$). Si l'on admet que la charge e est la même que celle de l'atome d'hydrogène et si l'on adopte 10^4 pour la valeur de e/m pour l'hydrogène, on en conclut que la masse d'une particule α est environ 2,2 fois celle de l'atome d'hydrogène, c'est-à-dire à peu près celle de la molécule de ce gaz. — Pour le polonium, la valeur moyenne de v est supérieure à la valeur moyenne trouvée avec le radium, mais la valeur maximum est plus faible que la valeur maximum obtenue avec le radium.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Les prix de l'Académie des Sciences.

Ces prix ont été proclamés dans la séance publique annuelle du lundi 18 décembre, laquelle a, suivant l'usage, débuté par une allocution du président de l'Académie, M. Troost.

De cette allocution, consacrée au rappel des travaux des membres de l'Académie décédés dans le cours de l'année, il résulte que la Section de Physique a été relativement très éprouvée cette année; sur trois membres ou correspondants décédés, deux appartiennent en effet à cette Section : Potier, membre titulaire, et Bichat, membre correspondant.

Les travaux de ces deux savants ont été antérieurement rappelés dans ces colonnes; nous n'aurions donc pas à y revenir si, dans son allocution, M. Troost n'avait particulièrement insisté sur quelques travaux de Potier assez peu connus des électriciens et qui, |précisément pour cette raison, méritent d'être signalés ici : ce sont les travaux de Potier en Minéralogie et en Géologie.

C'est en effet comme attaché au sous-arrondissement minéralogique de Paris que Potier commença, en 1863, sa carrière d'ingénieur. Nommé, l'année suivante, ingénieur à Chartres, il fut chargé de terminer la carte géologique d'Eure-et-Loir et s'acquitta de ce travail de façon si heureuse que, lors de la fondation du Service de la Carte géologique détaillée de France, il fut attaché à ce Service spécialement pour les études topographiques souterraines. La connaissance détaillée du sous-sol parisien qu'il acquit dans ces études fut d'ailleurs mise à profit par lui pendant le siège de 1870 : en qualité de capitaine auxiliaire du Génie, il dirigea la marche en avant qui précéda le combat de Bagneux et parvint à tourner et faire occuper des positions avancées; une nuit, il eut même la témérité de traverser les lignes ennemies pour aller reconnaître une carrière souterraine de gypse et reconnaître s'il serait possible de la miner et de la faire écrouler en entraînant une des batteries qui menaçaient le plus les forts de la rive gauche. Après la guerre, Potier explora le nord de la France; puis la région des Alpes-Maritimes dont il détermina la constitution minéralogique. En 1875 et 1876, il fut chargé de suivre, avec M. de Lapparent, les sondages entrepris dans la Manche en vue de se rendre compte s'il était possible de maintenir le tunnel sous-marin projeté à cette époque dans une même couche géologique sensiblement imperméable sans que le tracé présentât des inflexions gênantes pour l'exploitation; Potier conclut de l'examen des échantillons recueillis dans ces sondages que l'entreprise pouvait être menée à bonne fin sans dépenses extraordinaires et sa conclusion se trouva confirmée quelques années plus tard par les deux galeries d'essais qui furent creusées, l'une du côté français, ayant 1350^m de longueur, l'autre du côté anglais, s'étendant à 700^m sous la mer. D'ailleurs, jusqu'au moment de sa mise à la retraite comme Inspecteur général des Mines en 1902, Potier est resté attaché au Service de la Carte géologique.

Mais revenons aux lauréats des prix décernés par l'Académie : en raison du petit nombre des prix consacrés à la Physique, nous ne trouvons malheureusement que bien peu d'électriciens.

Suivant l'ordre du palmarès, mentionnons tout d'abord M. Jumau, qui reçoit le *Prix Hébert* pour son Ouvrage *Les accumulateurs électriques*, « Ouvrage qui est, dit M. Violle, rapporteur, à la fois un traité précieux des piles réversibles et un exposé intéressant des recherches personnelles de l'auteur sur une question plus que jamais à l'ordre du jour ». Nous enregistrons avec plaisir cet éloge de l'œuvre d'un collaborateur de cette *Revue* et nous en profitons pour lui adresser nos sincères félicitations.

M. H. Abraham obtient le *Prix Gaston Planté* pour l'ensemble de ses travaux. Ces travaux sont d'ailleurs d'ordre électrique et quelques-uns même se rapportent à l'électricité industrielle. De ces derniers se trouvent les recherches faites par M. Abraham en collaboration avec M. Marmier sur la production industrielle de l'ozone et son utilisation à la stérilisation des eaux potables; plusieurs applications du procédé Abraham et Marnier sont actuellement en service à l'étranger; une autre est à la veille d'être réalisée à Cosne. N'oublions pas non plus le rhéographe Abraham, que construit la Maison Carpentier, et qui nous offre, du problème difficile de l'inscription des variations rapides des intensités et des tensions, une solution extrêmement élégante. Signalons encore les travaux de M. Abraham sur les couples thermo-électriques, sur la valeur du rapport v entre les unités électromagnétiques et électrostatiques, sur les phénomènes électro-optiques, etc. Enfin rappelons l'important recueil de Mémoires sur les *Ions, Électrons et Corpuscules* publié récemment par MM. Abraham et Langevin.

M. Gouy reçoit le *Prix La Caze*, l'une des plus hautes récompenses dont dispose l'Académie, pour ses travaux sur la Physique. La plupart de ceux-ci se rapportent à l'Optique; toutefois le domaine de l'Électricité a été aussi exploré avec fruit par le lauréat. On lui doit en effet une étude théorique sur les diélectriques, une autre sur l'électromètre à quadrants, la réalisation d'un étalon de force électromotrice (l'étalon Gouy), enfin une étude non encore terminée sur les phénomènes électrocapillaires.

M. Leduc obtient le *Prix Wilde*. Ce physicien a fait comme on sait une étude très approfondie du phénomène de Hall; il a aussi, en collaboration avec M. Pellat, fait sur l'électrolyse des recherches qui l'ont conduit à une nouvelle détermination de l'équivalent électrolytique de l'argent.

M. Marchis, dont les Cours à l'Université de Bordeaux traitent toujours des nouveautés industrielles, reçoit une partie du *Prix Saintour*.

Concours pour un appareil limiteur de courant.

Ce concours est organisé par le Syndicat des Forces hydrauliques, 63, boulevard Haussmann, qui nous adresse à ce sujet les renseignements suivants :

Sur les réseaux de distribution électrique d'énergie, chacun des branchements dérivés est établi en vue de desservir une puissance dont le maximum est déterminé, soit à forfait, soit par contrat, entre la station centrale et le client preneur d'énergie. Il arrive que ce maximum peut se trouver dépassé, dans une proportion plus ou moins sensible, pendant un temps plus ou moins court, et que ces dépassements, surtout s'ils coïncident et se prolongent, troublent tout le réseau. Il y aurait intérêt à établir un appareil apte, non pas à mesurer et à tarifer ces dépassements selon leur intensité, mais à les signaler d'abord au client preneur, puis, s'il n'y met bon ordre, à l'obliger à revenir au respect du contrat qu'il a souscrit, sans investigation ni surveillance tracassière de la part de l'usine distributrice.

Le Syndicat des Forces hydrauliques met au concours un tel appareil, limiteur de courant, et a confié à une Commission (1) la mission d'arrêter le programme et conditions du concours, l'admission, l'épreuve, le classement des appareils et l'attribution des primes.

L'appareil limiteur de courant, objet du Concours international ouvert par le Syndicat des Forces hydrauliques, devra remplir les conditions suivantes :

1° S'adapter à des puissances supérieures à 5000 watts et fonctionner sur les courants alternatifs simples ou triphasés pratiquement employés (2), primaires ou secondaires;

2° Avertir, par un signal efficace, aussi longtemps que possible avant d'entrer en fonction;

3° Limiter automatiquement le courant du branchement au-dessous d'un maximum déterminé, en entrant en fonction toutes les fois que ce maximum aura été dépassé dans une certaine proportion plus ou moins grande, pendant un certain temps plus ou moins court (par exemple et seulement à titre d'indication : de 5 pour 100 pendant 5 minutes, ou de 25 pour 100 pendant 30 secondes, ou de 50 pour 100 instantanément);

4° Pouvoir être ramené à sa position initiale par une intervention quelconque, mais en laissant une trace spéciale de chacune de ces interventions;

(1) Cette Commission est ainsi composée :

Président : M. Pinat, Président du Syndicat des Forces hydrauliques;

Secrétaire : M. Barbillion, Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble;

Membres : MM. Blondel, Bochet, Dusaugey, Hillairet, Lauriol, Marignac, de Nerville, Simon.

(2) Il est rappelé que la tension la plus élevée actuellement employée est de 35000 volts entre fils et que de nouveaux réseaux vont atteindre 50000 volts. D'autre part, les appareils seront essayés à une fréquence de 50 périodes qui semble être la plus générale; ils devront pouvoir s'adapter à la fréquence de 25 cycles.

5° Etre facilement adaptable à diverses puissances (1);

6° Etre aussi simple, robuste, précis, indéréglable et inviolable que possible;

7° Son réglage ou son fonctionnement ne devront pas être influencés sensiblement par la température ou par l'humidité.

Les concurrents devront faire parvenir avant le 1er avril 1906, au siège social du Syndicat, 63, boulevard Haussmann, à Paris, une notice descriptive très complète de la disposition qu'ils présentent au concours, avec dessins à l'appui.

Les concurrents, dont les appareils seront retenus par la Commission pour être soumis aux épreuves pratiques, devront fournir deux appareils. L'un sera monté, par leurs soins et à leurs frais, sur le branchement qui leur sera désigné, pour fonctionner en service courant pendant 15 jours. L'autre sera déposé à l'Institut électrotechnique de Grenoble, pour être soumis à tels essais que la Commission jugera utiles.

Les renseignements nécessaires à ces deux séries d'essais seront portés à la connaissance des concurrents avant le 1er jnin 1906, en même temps que l'avis de leur admission aux essais. Ces essais devront pouvoir commencer le 1er août 1906, terme rigoureux.

Les systèmes proposés restent la propriété des inventeurs qui devront prendre, en temps utile, les mesures nécessaires pour garantir cette propriété.

Le Syndicat se réserve le droit de publier dans la mesure qui lui conviendra la description, les dessins et les essais des appareils présentés au concours.

La Commission chargée de l'examen et du classement des appareils pourra décerner un prix de 2000fr au concurrent placé au premier rang, ou diviser cette somme suivant le mérite des appareils.

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétaire du Syndicat des Forces hydrauliques, à la Chambre de Commerce, à Grenoble.

Informations diverses.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — La prochaine séance aura lieu le samedi 6 janvier, à 8h30m du soir dans l'amphithéâtre de Physique de la Sorbonne. L'ordre du jour est le suivant : *Les étalons mercuriels de résistance*, par CH.-ED. GUILLAUME; *Recherches récentes sur la décharge disruptive. L'étincelle et l'arc électrique*, par LANGEVIN.

(1) L'adaptation de puissance pourra résulter, par exemple, de l'adaptation, à un système commun de relais, d'appareils interrupteurs de dimensions variées selon la puissance ou la tension.

L'adaptation au voltage pourra de même résulter, par exemple, de l'emploi de transformateurs variés; il suffira au constructeur de fournir un seul modèle à titre d'exemple pour une installation à basse tension et un autre pour une installation à haute tension (au moins 20000 volts) ou tout au moins l'un des deux.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES (¹).

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

Théories et Généralités.

Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.

Décharges et Oscillations.

Rayons cathodiques, rayons Röntgen, etc.

Magnétisme.

Électricité et Magnétisme terrestres.

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.



Divers.

APPLICATIONS.

Génération et Transformation.



Transmission et Distribution.



Applications mécaniques.

Traction.



Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.

Mesures et Essais.



DIVERS.

Sociétés savantes, techniques et industrielles.

Expositions. Congrès. Conférences, etc.

Bibliographie.



TABLE DES NOMS D'AUTEURS (¹).

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.





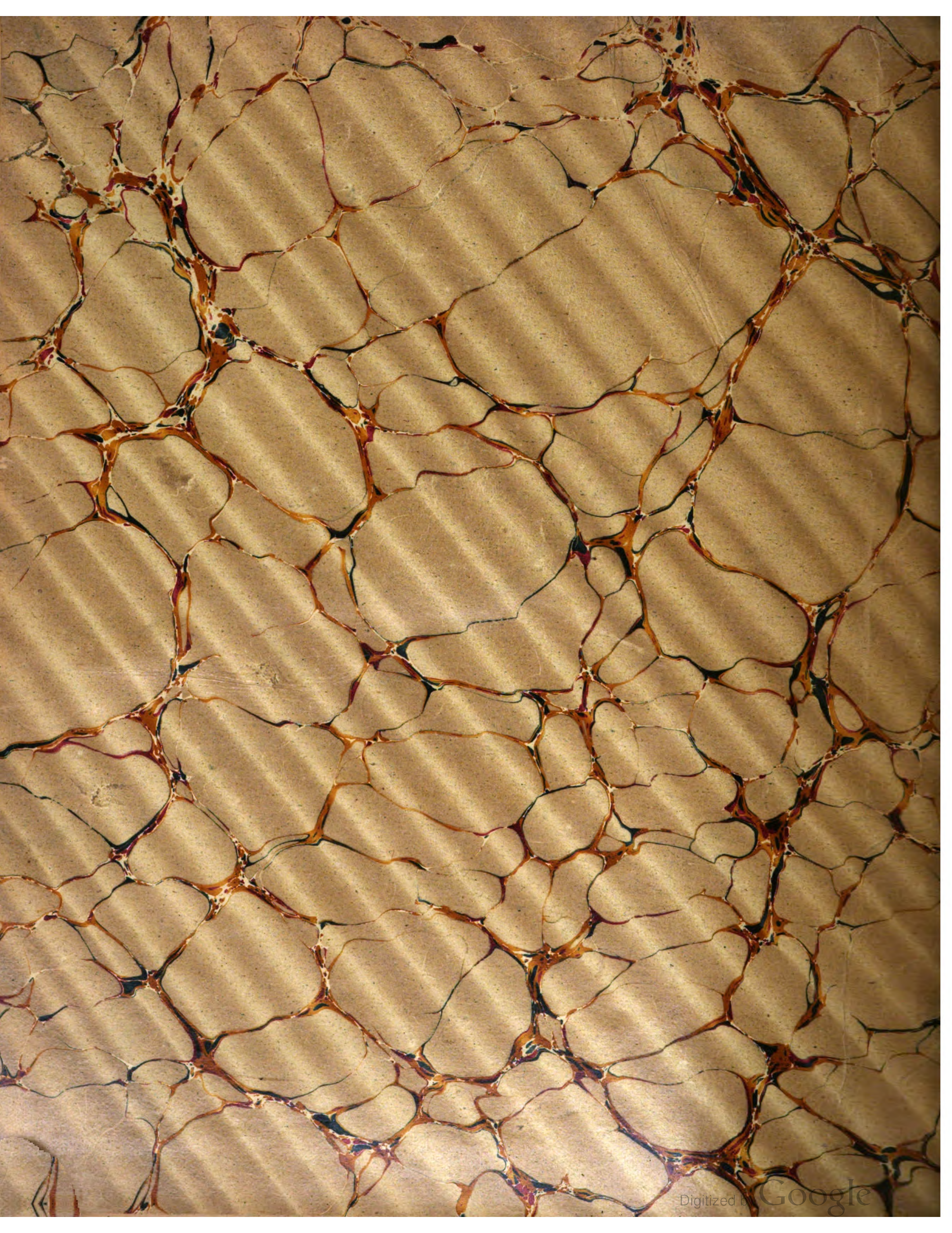


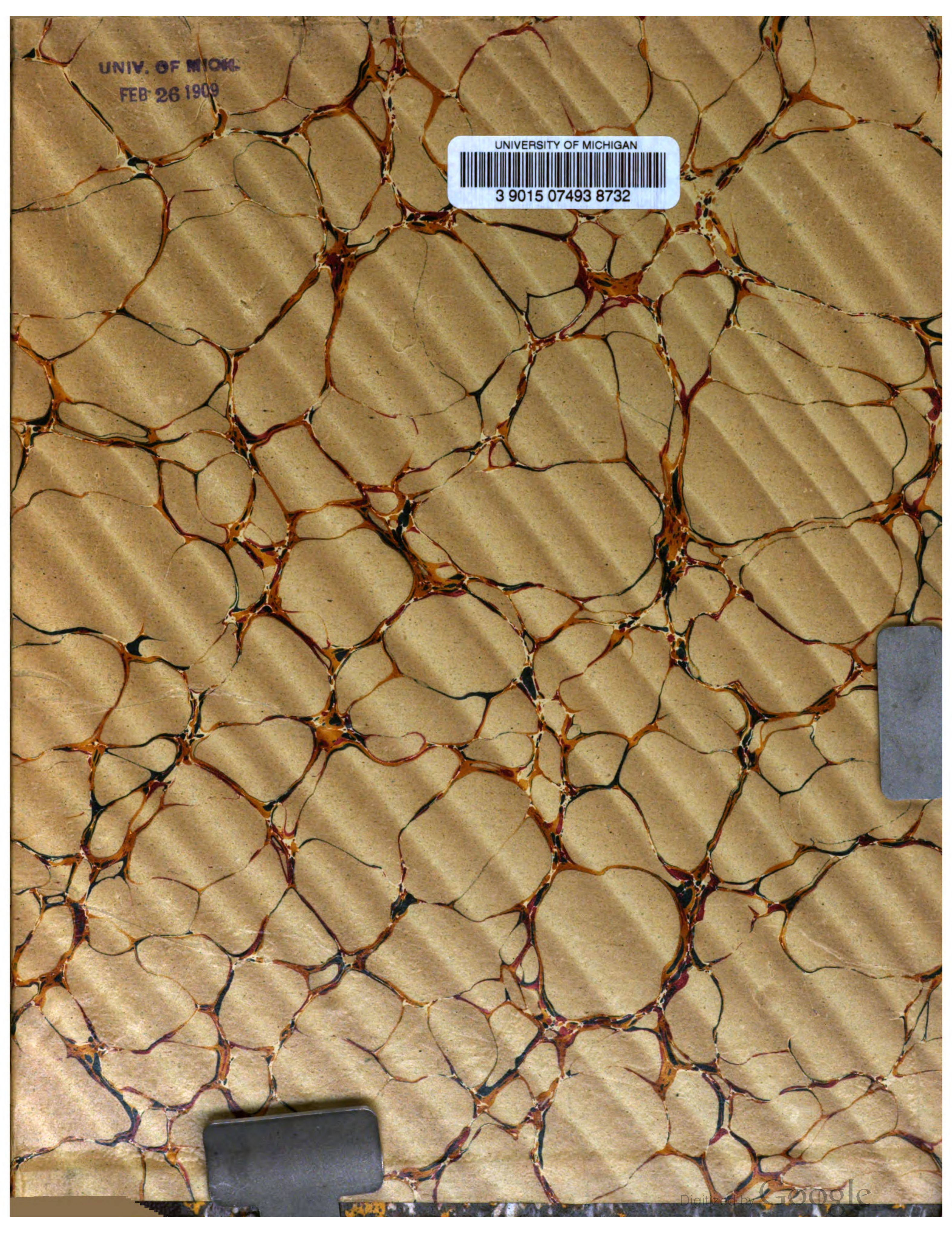


FIN DU TOME IV.

37088 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.






UNIV. OF MICH.
FEB 26 1909
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07493 8732
Digitized by Google

